



**João Pedro Vasconcelos Pestana Leão**

Licenciado em Ciências de Engenharia Mecânica

## **Aspetos Metrológicos na Manutenção de Equipamentos Médicos**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia  
Mecânica

Orientadora: Professora Doutora Helena Vítorovna  
Guitiss Navas, Professora Auxiliar, FCT-UNL

Coorientadora: Doutora Maria do Céu Lopes de Sousa Ferreira,  
Instituto Português da Qualidade (IPQ)

Júri:

Presidente: Prof. Doutora Ana Sofia Leonardo Vilela de Matos

Vogais: Prof. Doutor Pedro Alexandre de Albuquerque Marques

Prof. Doutor Olivier Alain Geràrd Penedo Pellegrino

Prof. Doutora Helena Vítorovna Guitiss Navas



FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

**Setembro de 2016**



## **Aspetos Metrológicos na Manutenção de Equipamentos Médicos**

Copyright © 2016 João Pedro Vasconcelos Pestana Leão  
Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.



*À minha família*



## Agradecimentos

Gostaria de expressar o meu agradecimento aos que, de algum modo, contribuíram na elaboração da presente dissertação.

Agradeço à Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, em particular a todos os Professores que, ao longo do meu percurso académico, deram o seu marcante contributo.

Ao Instituto Português da Qualidade, agradeço a oportunidade proporcionada para a realização de um estágio, deixando uma especial palavra de agradecimento à minha coorientadora, Dr.<sup>a</sup> Maria do Céu Ferreira, pela sua disponibilidade, dedicação, paciência, orientação e cooperação durante todo o projeto e, acima de tudo, pelo seu enorme contributo ao nível da formação em Metrologia.

Ao Hospital de Santa Maria, agradeço o facto de me ter proporcionado a oportunidade de acompanhar as suas atividades metrológicas, permitindo-me assim vivenciar uma experiência única e valorizada tanto em termos profissionais como pessoais, em particular ao Diretor do Serviço de Instalações e Equipamentos, Sr. Eng.<sup>o</sup> Durão de Carvalho, pela sua disponibilidade e cooperação na realização deste projeto, e ao Eng.<sup>o</sup> Miguel Rodrigues, Técnico Superior do Serviço de Instalações e Equipamentos, pela disponibilidade e colaboração demonstradas.

Agradeço à Professora Doutora Helena Navas, FCT-UNL, pela motivação, disponibilidade, orientação e, acima de tudo, pelos seus conselhos e sugestões sempre construtivas em todas as fases do meu percurso pessoal e académico.

Agradeço ao Eng.<sup>o</sup> Luís Ferreira, do Instituto de Soldadura e Qualidade, pelo seu grande contributo na componente metrológica deste projeto, pela sua disponibilidade e dedicação, pelo apoio, pelos conhecimentos transmitidos e por toda a ajuda durante a análise da informação recolhida.

À minha família, não existem palavras que descrevam o quanto lhes devo por esta realização. Um especial agradecimento aos meus pais, João e Ângela Leão, por todo o carinho, motivação, apoio e esforço a que foram sujeitos, não só ao longo do meu percurso académico mas também ao longo de toda a minha vida. Por isso ficar-vos-ei eternamente grato.

À minha segunda mãe, a minha irmã Cátia Leão, “muito obrigado!” não chega para agradecer tudo o que fez por mim, e ao meu cunhado Luís Silva, agradeço o apoio incondicional, todos os conselhos e a análise crítica prestada na redação da presente dissertação.

Agradeço à Marina Alves, por todo o apoio, paciência e carinho, transmitidos nos momentos bons e menos bons que surgiram no decorrer desta dissertação.

Agradeço, como não poderia deixar de ser, aos meus grandes Amigos Francisco Guilherme e Paulo Reis, por todos os momentos passados ao longo do nosso percurso académico, e que sejam muitos mais fora dele.

Por fim, mas sem menor relevância, agradeço aos Colegas e Amigos com quem tive o prazer de conviver ao longo destes inesquecíveis anos em Engenharia Mecânica na FCT.





## Resumo

As atividades médicas dependem cada vez mais dos meios tecnológicos de diagnóstico e tratamento, sendo fundamentadas em função dos resultados das medições destes equipamentos.

Deste modo surge a preocupação com o rigor e a confiança dessas medições, uma vez que existem diversos fatores responsáveis pela ocorrência de erros de medição. Assim, a metrologia, assume uma importância significativa na identificação, redução/eliminação destes fatores.

A introdução destes novos equipamentos médicos revelou a necessidade de determinar o risco associado à sua falta de avaliação metrológica. Por outro lado, é igualmente importante identificar o universo de equipamentos afetados pela incipiente abordagem metrológica em Portugal.

No seguimento das várias lacunas existentes no campo da metrologia na saúde, surgiu o tema para um estágio curricular que foi realizado na unidade de Metrologia Legal do Departamento de Metrologia do Instituto Português da Qualidade. Os objetivos estabelecidos visaram a realização de um trabalho exploratório que possibilitasse abordar a importância da Metrologia e da Manutenção no domínio da saúde quando aplicado aos equipamentos médicos, de forma a identificar novas abordagens e metodologias para a resolução dos problemas existentes.

Foram analisados os procedimentos correntes de avaliação dos parâmetros metrológicos em equipamentos médicos, nomeadamente das atividades realizadas no âmbito do plano de manutenção preventiva. Foram identificados alguns problemas e algumas oportunidades de melhoria para os quais foram elaboradas propostas de resolução criativas e inovadoras que explorassem as potencialidades da metodologia TRIZ.

A análise Substância-Campo, uma ferramenta do TRIZ, foi utilizada com a finalidade de gerar soluções inovadoras. As soluções propostas para os problemas identificados passaram pela implementação de melhorias nas ações de manutenção, pelo reforço da legislação metrológica em vigor e pela implementação do planeamento e organização metrológica adequados, garantindo o rigor e a qualidade das medições, promovendo uma maior disponibilidade dos equipamentos, redução dos custos, desperdícios de recursos e pelo investimento em formação e sensibilização.

**Palavras-chave:** Análise Substância-Campo, Equipamentos Médicos, Manutenção, Metrologia na Saúde, Rastreabilidade Metrológica, TRIZ.



## Abstract

Medical activities increasingly depend on the technological means of diagnosis and treatment, being based on the results of the measurements of these equipment's.

Thus arises the concern with the accuracy and reliability of these measurements, since there are several factors responsible for the occurrence of errors of measurement. Thus, the Metrology, assumes a significant importance in the identification, reduction/elimination of these factors.

The introduction of these new medical equipment has revealed the need to determine the risk associated with your lack of metrological evaluation. On the other hand, it is also important to identify the universe of equipment affected by the incipient metrological approach in Portugal.

In the wake of several gaps in the field of metrology in the health theme for a curricular internship that was conducted on Legal Metrology unit of Metrology Department of the Portuguese Institute for Quality. The goals set aimed at the realization of exploratory work to allow addressing the importance of metrology and Health Maintenance when applied to medical equipment, in order to identify new approaches and methodologies for the resolution of existing problems.

Were analyzed the current procedures for assessing metrological parameters in medical equipment, in particular of the activities carried out in the framework of the plan of preventive maintenance. Some problems have been identified and some opportunities for improvement for which have been drawn up proposals for creative and innovative resolution that exploit the potential of the TRIZ methodology.

Substance-Field analysis, a tool of TRIZ was used in order to generate innovative solutions. The Solutions proposed for the problems identified passed by the implementation of improvements in maintenance actions, by strengthening metrology legislation into force and the implementation of appropriate planning and metrological organization, ensuring the accuracy and the quality of measurements, promoting a greater availability of equipment, cost reduction, waste of resources and by investment in training and awareness.

**Keywords:** Substance-Field analysis, Medical Equipment's, Maintenance, Health Metrology, Metrological Traceability, TRIZ.



# Índice

<b>1</b>	<b>Introdução.....</b>	<b>1</b>
1.1	Enquadramento e Objetivos da Dissertação .....	1
1.2	Estrutura e Organização da Dissertação .....	3
<b>2</b>	<b>Metrologia .....</b>	<b>5</b>
2.1	História da Metrologia.....	5
2.2	Definição de Metrologia .....	7
2.3	Domínios da Metrologia.....	8
2.4	Atividades Metrológicas.....	9
2.5	Rastreabilidade e Conformidade Metrológica.....	11
2.6	Instituto Português da Qualidade .....	13
2.7	Vocabulário Internacional de Metrologia e Vocabulário Internacional de Metrologia Legal.....	18
2.8	Sistema Internacional de Unidades SI.....	19
2.9	Metrologia na Saúde.....	21
2.10	Metrologia nos Equipamentos Médicos.....	22
<b>3</b>	<b>Fundamentos da Manutenção.....</b>	<b>27</b>
3.1	História da Manutenção.....	27
3.2	Definição de Manutenção .....	28
3.3	Tipos de Manutenção .....	30
3.4	Importância da Manutenção e Conceito de Gestão da Manutenção .....	32
3.5	Manutenção na Saúde.....	35
<b>4</b>	<b>Teoria de Resolução Inventiva de Problemas .....</b>	<b>37</b>
4.1	Introdução à Metodologia .....	37
4.2	Níveis de Inovação da TRIZ .....	38
4.3	Características da TRIZ.....	39
4.4	Conceitos Fundamentais da TRIZ .....	40
4.5	Ferramentas Fundamentais da TRIZ.....	42
4.6	Inovação Sistemática Aplicada à Metrologia na Saúde .....	49
<b>5</b>	<b>Análise da Situação Atual das Atividades Metrológicas na Manutenção de Equipamentos Médicos em Portugal.....</b>	<b>51</b>
5.1	Análise dos Aspetos Metrológicos na Saúde em Portugal .....	51
5.2	Estudo de Caso .....	53
5.2.1	Hospital de Santa Maria .....	53
5.2.2	Análise das Atividades Metrológicas nos Equipamentos Médicos do Hospital de Santa Maria.....	55

<b>6</b>	<b>Propostas de Melhoria.....</b>	<b>71</b>
6.1	Implementação de Atividades Metrológicas na Manutenção.....	71
6.2	Reforço da Legislação Metrológica em Vigor .....	74
6.3	Implementação do Planeamento das Atividades Metrológicas.....	76
6.4	Investimento em Formação e Sensibilização .....	78
<b>7</b>	<b>Conclusões.....</b>	<b>81</b>
	<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>83</b>
	<b>Anexos .....</b>	<b>89</b>
	Anexo I - Definição das Classes de Soluções-Padrão da Análise Substância-Campo.....	90
	Anexo II - Definição dos Parâmetros Técnicos, segundo a Metodologia TRIZ.....	96
	Anexo III - Definição dos Princípios de Invenção, segundo a Metodologia TRIZ.....	99
	Anexo IV - Lista dos Equipamentos em Contrato de Avaliação da Qualidade no HSM.....	103

## Índice de Figuras

Figura 2.1 - Exemplos de Medidas-Padrão .....	5
Figura 2.2 - Alqueire - Medida Padrão para Volume de Secos .....	6
Figura 2.3 - Almude - Medida Padrão para Volume de Líquidos.....	6
Figura 2.4 - Domínios da Metrologia .....	8
Figura 2.5 - Hierarquia de Padrões de Referência .....	11
Figura 2.6 - Instituto Português da Qualidade .....	13
Figura 2.7 - Organograma Interna do IPQ.....	14
Figura 2.8 - Organograma dos Subsistemas SPQ .....	15
Figura 2.9 - Estrutura Orgânica Departamento de Metrologia.....	17
Figura 2.10 - Marcação “CE” de Equipamentos Médicos.....	24
Figura 2.11 - Classe de Risco dos Equipamentos.....	24
 Figura 3.1 - Evolução da Manutenção.....	28
Figura 3.2 - Organograma da Manutenção .....	29
Figura 3.3 - Analogia entre a Saúde Humana e a Saúde da Máquina .....	30
Figura 3.4 - Tipos de Manutenção.....	30
Figura 3.5 - Tipos de Manutenção segundo NP EN 13306 .....	32
Figura 3.6 - Pontos de Atuação da Manutenção .....	34
 Figura 4.1 - Processo de Resolução Geral de Problemas .....	38
Figura 4.2 - Triângulo Substância-Campo de um Sistema Elementar.....	45
Figura 4.3 - Solução-Geral 1 .....	47
Figura 4.4 - Solução-Geral 2 .....	47
Figura 4.5 - Solução-Geral 3 .....	48
Figura 4.6 - Solução-Geral 4 .....	48
Figura 4.7 - Solução-Geral 5 .....	48
Figura 4.8 - Solução-Geral 6 .....	49
Figura 4.9 - Solução-Geral 7 .....	49
 Figura 5.1 - Hospital de Santa Maria, Lisboa .....	53
Figura 5.2 - Desfibrilador <i>S&amp;W Cardio-Aid MC</i> .....	57
Figura 5.3 - Equipamento Padrão - <i>Fluke Biomedical Defibrillator Analyser</i> .....	58
Figura 5.4 - Monitor de Sinais Vitais - <i>Critikon Dinamap 8100</i> .....	60
Figura 5.5 - Equipamento Padrão - <i>Fluke Blood Pressure Monitor Analyser</i> .....	61
Figura 5.6 - Exemplos de Oxímetros de Pulso.....	62
Figura 5.7 - Equipamento Padrão - <i>Fluke Biomedical Index 2 SPO2 Simulator</i> .....	63
Figura 5.8 - Equipamento Padrão - <i>Fluke Biomedical Electric Safety Analyser</i> .....	64
Figura 5.9 - Balança de Precisão - <i>Kern 440-47N</i> .....	64
Figura 5.10 - Cargas Padrão LM49 Classe E1 .....	66
Figura 5.11 - Posições de Cargas para Teste de Excentricidade.....	66
Figura 5.12 - Balança de Coluna - <i>Seca 707</i> .....	67
Figura 5.13 - Carga Padrão LM76 Classe E2.....	67
 Figura 6.1 - Sistema 6.1 Ineficiente.....	72
Figura 6.2 - Iteração do Sistema 6.1 com Modificação do Campo .....	73
Figura 6.3 - Iteração Sistema 6.1 com Introdução de Novo Campo.....	73
Figura 6.4 - Sistema 6.2 Ineficiente.....	74
Figura 6.5 - Iteração Sistema 6.2 com Modificação da Substância.....	75
Figura 6.6 - Iteração do Sistema 6.2 com Introdução de Novos Campos .....	75
Figura 6.7 - Sistema 6.3 Ineficiente.....	76
Figura 6.8 - Iteração Sistema 6.3 com Mudança de Substância .....	77
Figura 6.9 - Iteração Sistema 6.3 com Mudança de Campo .....	77
Figura 6.10 - Sistema 6.4 Ineficiente.....	78
Figura 6.11 - Iteração Sistema 6.4 com Mudança de Substância .....	78





## Índice de Tabelas

Tabela 2.1 - Unidades de Base SI.....	19
Tabela 2.2 - Unidades Derivadas do SI.....	20
Tabela 2.3 - Exemplos de Equipamentos Médicos .....	25
Tabela 4.1 - Parâmetros Técnicos da Metodologia TRIZ .....	42
Tabela 4.2 - Princípios Inventivos da TRIZ .....	43
Tabela 4.3 - Matriz de Idealidade Exemplo Fogão de Campismo .....	44
Tabela 4.4 - Notação Gráfica da Análise Substância-Campo .....	46
Tabela 4.5 - Classes Referentes às Soluções-Padrão.....	47
Tabela 5.1 - Tabela Síntese dos Equipamentos Existentes no HSM por Tipologia.....	56
Tabela 5.2 - Dados do Ritmo Cardíaco ECG no Desfibrilador .....	58
Tabela 5.3 - Dados da Energia de Desfibrilação a 50 ohms .....	59
Tabela 5.4 - Dados de Sincronismo da Desfibrilação.....	59
Tabela 5.5 - Dados de Tempo de Carga de Desfibrilação .....	59
Tabela 5.6 - Dados de Pressão não Invasiva a 80 BPM no Monitor de Sinais Vitais.....	61
Tabela 5.7 - Dados do Ritmo Cardíaco a 120/80 mmHg no Monitor de Sinais Vitais .....	62
Tabela 5.8 - Dados do Teste de Fuga de Pressão no Monitor de Sinais Vitais.....	62
Tabela 5.9 - Dados do Ensaio de Linearidade para a Balança <i>Kern 440-47N</i> .....	65
Tabela 5.10 - Dados do Ensaio de Repetibilidade para a Balança <i>Kern 440-47N</i> .....	66
Tabela 5.11 - Dados do Ensaio de Excentricidade para a Balança <i>Kern 440-47N</i> .....	66
Tabela 5.12 - Dados do Ensaio de Linearidade para a Balança <i>Seca 707</i> .....	67
Tabela 5.13 - Custos de Manutenção Associados aos Equipamentos Analisados no HSM .....	69



## Siglas e Acrónimos

ASC	Análise Substância-Campo
AIEA	Agencia Internacional de Energia Atómica
APMI	Associação Portuguesa de Manutenção Industrial
BIPM	<i>Bureau International des Poids et Mesures</i>
BPM	Batidas Por Minuto
CAML	Centro Académico de Medicina de Lisboa
CE	Conformidade Europeia
CGPM	Conferência Geral de Pesos e Medidas
CHLN	Centro Hospitalar Lisboa Norte
CTN	Comissão Técnica de Normalização
DMET	Departamento de Metrologia
ECG	Eletrocardiograma
EN	<i>European Norm</i>
EPE	Entidade Pública Empresarial
FMUL	Faculdade Medicina da Universidade de Lisboa
HPV	Hospital Pulido Valente
HSM	Hospital de Santa Maria
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
INFARMED	Autoridade Nacional do Medicamento e Produtos de Saúde
IMM	Instituto de Medicina Molecular
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
IPQ	Instituto Português da Qualidade
ISQ	Instituto de Soldadura e Qualidade
LNM	Laboratório Nacional de Metrologia
NP	Norma Portuguesa
OIML	Organização Internacional de Metrologia Legal
OMS	Organização Mundial de Saúde
ONN	Organismo Nacional da Normalização
PIB	Produto Interno Bruto
SI	Sistema Internacional de Unidades
SIE	Serviço de Instalações e Equipamentos
SNGQ	Sistema Nacional de Gestão da Qualidade
SNS	Serviço Nacional de Saúde
SPQ	Sistema Português da Qualidade
TRIZ	Teoria Inventiva de Resolução de Problemas
UE	União Europeia
VIM	Vocabulário Internacional de Metrologia
VIML	Vocabulário Internacional de Metrologia Legal
WELMEC	<i>Western European Legal Metrology Cooperation</i>



# 1 Introdução

Este capítulo aborda a temática da dissertação, expondo para o efeito o enquadramento, os objetivos da Dissertação e a estrutura da mesma.

## 1.1 Enquadramento e Objetivos da Dissertação

Ao longo dos séculos a história da evolução do homem e a evolução na ciência da medição estão intrinsecamente relacionadas.

A existência de medições remonta à origem da própria civilização humana, sendo as unidades de medida uma das primeiras ferramentas inventadas pelo homem. Nas primeiras sociedades primitivas a necessidade de construir habitações, moldar roupa ou trocar alimentos/matérias-primas levou à criação de padrões e medidas uniformizadas que permitissem quantificar objetos ou eventos.

No mundo atual, com a crescente inovação tecnológica, assiste-se à evolução das mais variadas áreas de atividade da sociedade. Esta evolução é mais perceptível nalgumas áreas, sendo a área da saúde uma das áreas que revela o mais elevado crescimento nas últimas décadas.

Na área da saúde a inovação tecnológica deve-se essencialmente ao surgimento de novos equipamentos médicos que possibilitam uma melhoria significativa da qualidade do diagnóstico e do tratamento, refletindo-se, naturalmente, no bem-estar do paciente.

Com o surgimento destes novos equipamentos identificou-se igualmente a necessidade de introdução de novas técnicas e metodologias que possibilitassem à Metrologia, enquanto ciência da medição, garantir a qualidade dos resultados obtidos.

Por outro lado, destacou-se igualmente uma outra área de grande importância para a sociedade, a Manutenção, que, para além de melhorar a qualidade, garantir a confiabilidade e aumentar a segurança dos equipamentos, é responsável pela redução de custos que, nos dias de hoje, representa um fator de extrema importância.

Face à importância da Metrologia e da Manutenção, considerando a sua vasta contribuição nos diversos domínios da engenharia, importa abordar o problema que englobam estas duas áreas quando aplicadas ao domínio da saúde.

No que diz respeito a estas duas áreas, a principal questão prende-se com a escassa, ou quase inexistente, regulamentação para o controlo metrológico dos equipamentos médicos e à prática de ações de manutenção ambíguas ou desatualizadas em vigor nesse setor.

Tais factos, contribuem para o agravamento de erros associados aos resultados medidos e, consequente, à aplicação de terapêuticas e procedimentos inadequados, pondo em causa a saúde e segurança dos cidadãos.

É neste sentido que a presente dissertação, realizada no âmbito da Metrologia Legal através de um estágio curricular concretizado no Departamento de Metrologia do Instituto Português da Qualidade - IPQ - visou a realização de um trabalho exploratório que permitisse abordar a importância da Metrologia e da Manutenção no domínio da saúde, quando aplicado aos equipamentos médicos.

Para tal, o foco desta dissertação, incidiu sobre os aspetos metrológicos na manutenção de equipamentos médicos com função de medição, uma vez que quer a área da manutenção, quer a área da metrologia, não podem ser desassociadas já que se complementam, assumindo uma importância fulcral para a garantia da fiabilidade e segurança dos equipamentos, e consequente melhoria da qualidade dos serviços de saúde em Portugal.

Nesta perspetiva de melhoria, o Hospital de Santa Maria (HSM) em Lisboa, assume uma política cumpridora dos requisitos aplicáveis e de melhoria contínua da qualidade dos serviços prestados, respeitando os procedimentos considerados eticamente corretos para obtenção de melhores resultados em termos de saúde, pelo que no decorrer desta dissertação foi possibilitada a oportunidade de acompanhar técnicos nos procedimentos correntes relativos à avaliação da qualidade dos equipamentos médicos com função de medição, através de atividades metrológicas.

Assim, o trabalho desenvolvido assenta nos seguintes objetivos:

- Divulgar a importância da Metrologia em sistemas de medição na área da saúde e, consequentemente, o seu impacto nos diagnósticos e tratamentos;
- Analisar a legislação metrológica vigente em Portugal e demonstrar a importância do controlo metrológico na garantia da rastreabilidade e conformidade das medições na saúde;
- Reconhecer a importância da complementaridade entre as ações de manutenção e as atividades metrológicas aplicadas à área da saúde, na perspetiva da garantia da qualidade e redução de custos;
- Expor o procedimento da atividade metrológica corrente aplicada a vários equipamentos médicos de uma unidade hospitalar e apresentar uma análise crítica sobre a realidade metrológica atual da saúde em Portugal;
- Identificar oportunidades e possíveis propostas de melhoria, explorando as potencialidades das ferramentas associadas à metodologia TRIZ;
- Sensibilizar os leitores para a importância da garantir o rigor nas medições e motivar a ampliação da pesquisa com vista a dinamizar futuros avanços científicos que venham a proporcionar um aumento da qualidade das medições.

## 1.2 Estrutura e Organização da Dissertação

Em termos de organização da informação, esta Dissertação encontra-se estruturada em sete capítulos, contendo cada um deles as temáticas seguidamente apresentadas.

**Primeiro Capítulo, “Introdução”:** é no presente capítulo apresentada uma componente introdutória e de enquadramento do projeto, onde é revelada a sua origem e que sustenta a presente dissertação. Este capítulo inclui ainda um subcapítulo onde é sintetizada a metodologia utilizada na presente dissertação;

**Segundo Capítulo, “Metrologia”:** este capítulo retrata a ciência que o engloba, a metrologia, bem como os documentos essenciais que caracterizam a ciência da medição. Aborda um pouco da sua história e áreas de atuação. É ainda feita referência ao IPQ como o instituto que potencia e alberga o projeto e sintetiza a história do Sistema Internacional de Unidades SI, desde a sua criação até os dias de hoje. Por fim aprofunda a temática da metrologia, quando aplicada à saúde e aos equipamentos médicos.

**Terceiro Capítulo, “Fundamentos da Manutenção”:** este capítulo enquadra a Manutenção ao longo dos tempos, abordando a sua história e a sua definição. É descrita toda a evolução da Manutenção e a importância que representa nas diversas áreas de atuação, com especial ênfase para a área da saúde.

**Quarto Capítulo, “Teoria de Resolução Inventiva de Problemas”:** neste capítulo, é efetuada uma abordagem ao surgimento da metodologia TRIZ, dando maior importância aos seus níveis de Inovação, características, conceitos fundamentais e suas ferramentas práticas. Aborda ainda a importância do contributo da inovação sistemática no domínio da Saúde e da Metrologia.

**Quinto Capítulo, “Análise da Situação Atual das Atividades Metrológicas na Manutenção de Equipamentos Médicos”:** neste capítulo é efetuada uma análise da situação atual quanto à aplicabilidade dos aspetos metrológicos na saúde em Portugal. É apresentado o Hospital de Santa Maria, onde decorreu o acompanhamento das atividades metrológicas, e são descritos os procedimentos correntes relevantes ao estudo de caso.

**Sexto Capítulo, “Propostas de Melhoria”:** neste capítulo são apresentadas de uma forma geral as propostas de melhoria tendo por base a análise da situação atual efetuada no capítulo anterior. Para tal, foi utilizada a metodologia TRIZ como ferramenta geradora de soluções inovadoras que fomentem o rigor e qualidade metrológica no domínio da saúde.

**Sétimo Capítulo, “Conclusões”:** neste capítulo são efetuadas as conclusões e considerações finais, assim como as sugestões de propostas para futuros trabalhos.

E por fim apresentam-se as **Referências Bibliográficas** consultadas para esta dissertação bem como os **Anexos**.





## 2 Metrologia

Este capítulo dá introdução ao conceito de metrologia e aborda a sua história e as áreas de atuação. Apresenta uma breve descrição ao Sistema Português da Qualidade (SPQ) e às atividades do Instituto Português da Qualidade (IPQ), com ênfase ao Departamento de Metrologia. Aborda o surgimento e importância dos Vocabulários (VIM e VIML), essenciais para o conhecimento da terminologia no domínio da metrologia. Aborda ainda a história do Sistema Internacional de Unidades SI desde a sua criação até os dias de hoje.

### 2.1 História da Metrologia

A metrologia está desde sempre presente no quotidiano das civilizações, contribuindo de forma inequívoca para o avanço das mesmas.

Há 3000 anos A.C. nas civilizações antigas, como a Egípcia, medir era uma atividade consciente e intencional. Os instrumentos de medição eram rudimentares, sendo utilizadas varas, pedras ou até mesmo partes do corpo humano como as palmas das mãos. Um dos primeiros padrões de medição, iniciado por esta civilização foi o denominado “Cúbito Real”. É definido pelo comprimento do braço do faraó no poder, medido do cotovelo à extremidade do dedo médio distendido, mais a largura da sua mão. Esta medida era gravada em granito negro e guardada para servir como padrão a todo o Império [1].

A figura 2.1 ilustra alguns exemplos de medidas-padrão utilizadas pelas primeiras civilizações.

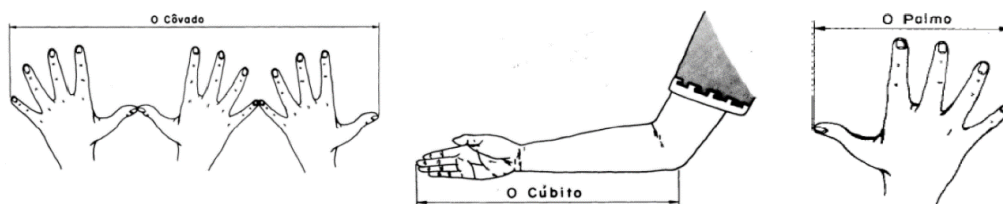


Figura 2.1 - Exemplos de Medidas-Padrão [2]

Surgiram inúmeras unidades de medida, tais como a polegada, o palmo, o pé entre outras, mas consequentemente, estas unidades não chegaram a ser consideradas universais, pois variavam de cidade para cidade e consoante o objeto sujeito à medição.

A inexistência de um sistema padronizado de medidas afetava inevitavelmente o comércio e impedia o desenvolvimento da ciência, uma vez que era causadora de erros e fraudes nas transações comerciais.

Com a expansão do comércio e da indústria houve uma necessidade crescente de harmonização dos pesos e medidas entre os países. Ao longo dos anos foram criadas várias unidades-padrão com o objetivo principal de uniformizar os critérios nas trocas comerciais, na construção de edifícios, engenhos, entre outros. Esta questão foi solucionada com a adoção de um padrão de medida (distância ou peso) por comparação com um padrão retirado da Natureza.

Esta ideia de Padrão ao longo do tempo tornou-se indispensável a qualquer civilização, sendo que nos dias de hoje, nas sociedades modernas, a metrologia assume um papel imprescindível do ponto de vista ambiental, político, económico, científico e social.

Em Portugal, o surgimento dos padrões de pesos e medidas tem início com a própria origem do País, tendo desempenhado um papel fundamental para a determinação de impostos sobre a produção e para o comércio de bens e mercadorias.

Em 1253 foi criada a primeira lei nacional da metrologia com o nome de Lei da Almotaçaria, sendo o primeiro marco histórico estrutural, uniformizador e que definiu as unidades legais e a autoridade competente para o controlo metrológico, porém, os seus efeitos de uniformização foram diminutos. Esta lei, publicada por D. Afonso III, visou tabelar e fixar os preços para uma infinidade de produtos, proibindo a exportação de cereais e metais preciosos. Por aqui ficamos a saber a unidade de medida oficial para cada produto, embora não o seu valor ou equivalência.

Um marco notável na definição de unidades foi dado com a implementação da Lei de Almeirim (Carta de Almeirim) publicada por D. Sebastião em 26 de janeiro de 1575 com o intuito de igualar todas as medidas de cereais, vinho e azeite [3].

Esta lei de “igualdade das medidas dos sólidos e dos líquidos” fixou o princípio de utilização das medidas de volume por Rasoura, isto é, os volumes de secos deveriam passar a ser medidos obrigatoriamente por rasa (usando uma Rasoura) e não por cogulo, tornando assim a medição mais rigorosa. Tendo em conta os conceitos que já então eram definidos, é de salientar a notoriedade desta lei tanto em termos de rastreabilidade como em termos de calibração.

Para sucesso desta medida o Rei ordenou a distribuição pelo País de padrões das medidas de volume, tanto para os secos, baseadas no **alqueire**, como para os líquidos, cuja unidade principal era o **almude**.

A figura 2.2 contém um exemplar de um padrão de medida de volume para secos, utilizado no reinado de D. Sebastião em 1575, denominado Alqueire, com a respetiva rasoura.



Figura 2.2 - Alqueire - Medida Padrão para Volume de Secos [3]

A figura 2.3 mostra o padrão de medida de volume para líquidos, utilizado no reinado de D. Sebastião em 1575, denominado por Almude.



Figura 2.3 - Almude - Medida Padrão para Volume de Líquidos [3]

Em 1867, perante a necessidade de existência de um sistema de unidades universal, foi criado um comité com intuito de possibilitar uma maior uniformização das medidas. Este importante facto decorreu durante a primeira Exposição Universal de Paris onde foi criado um *Comité dos Pesos e Medidas e da Moeda*.

Mais tarde a 20 de maio de 1875, com o propósito de estabelecer uma autoridade internacional no campo da metrologia, o governo Francês convocou, a “Conferência Diplomática do Metro” onde um grupo de dezassete países, entre os quais Portugal, assinaram um tratado, a “Convenção do Metro”. Deste tratado assinado resultou a adoção do metro como unidade básica de medida de comprimento.

Do tratado “Convenção do Metro” surge a entidade *Bureau International des Poids et Mesures* (BIPM), uma organização Intergovernamental sob a autoridade da Conferência Geral de Pesos e Medidas (CGPM) e supervisão do Comité Internacional de Pesos e Medidas, que atualmente é composta por 57 Estados membros e 41 associados.

## 2.2 Definição de Metrologia

O termo Metrologia vem do grego “*Metron*” que significa medida e “*Logos*” que significa ciência.

A metrologia é provavelmente a mais velha ciência do mundo e o conhecimento de como é aplicada é sem dúvida uma necessidade fundamental em praticamente todas as áreas relacionadas com a ciência.

A ciência está completamente dependente da medição e o conhecimento de como a metrologia é aplicada tornou-se uma necessidade fundamental em praticamente todas as atividades relacionadas com a ciência.

Nas sociedades modernas a metrologia assume um papel imprescindível do ponto de vista político, económico, científico e mesmo do ponto de vista social, uma vez que todos, no seu dia-a-dia, a utilizam numa balança, relógio, velocímetro, entre muitos outros exemplos.

Medir e contar são das operações mais frequentes que qualquer pessoa utiliza no seu quotidiano.

Assim sendo a metrologia assume-se fulcral, pois contribui para a garantia da qualidade inerente aos métodos e instrumentos de medição utilizados em diversos sectores da sociedade.

Nos dias de hoje, tem como principal objetivo garantir que se medem os valores das grandezas com exatidão, que estes são rastreáveis às unidades de medida respetivas, são reprodutíveis e que são as mesmas internacionalmente.

Assim, e de forma muito sucinta, segundo o Vocabulário Internacional de Metrologia (VIM), a metrologia é a ciência das medições e suas aplicações [4]. Por se tratar de uma ciência tão abrangente, a metrologia engloba todos os aspetos teóricos e práticos relacionados com a medição, qualquer que seja a incerteza e o campo de aplicação a que se refere.

Neste contexto a Metrologia, enquanto ciência de medição, contempla essencialmente três tarefas fundamentais [1]:

- I. A definição de unidades de medida internacionalmente aceites, como por exemplo, o metro ou o litro;
- II. A realização das unidades de medida com recurso a métodos científicos específicos, como por exemplo a produção de um metro através de tecnologia laser;
- III. O estabelecimento de cadeias de rastreabilidade, documentando a ligação entre um produto ou resultado final, os padrões internacionais e a posterior disseminação desse conhecimento [1].

## 2.3 Domínios da Metrologia

A metrologia pode ser dividida em três grandes domínios de atividade e responsabilidade com características, objetos e níveis de complexidade próprias, porém complementares. São, nomeadamente, a metrologia científica (ou fundamental), a metrologia industrial (ou aplicada) e a metrologia legal [5].

A figura 2.4 mostra o organograma sintetizado com as três grandes áreas de atividade e responsabilidade da metrologia.

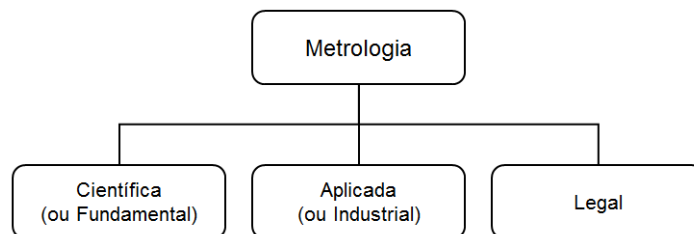


Figura 2.4 - Domínios da Metrologia

A **Metrologia Científica ou Fundamental** tem como objetivo a organização e o desenvolvimento de padrões primários ou padrões de medição, a sua conservação e manutenção bem como o estudo e desenvolvimento de novos métodos de medição e melhoria contínua das suas capacidades. Esta categoria é independente de outras entidades em termos de rastreabilidade metrológica. A garantia dos resultados conseguidos assenta fortemente em exercícios de comparação interlaboratorial com outros laboratórios primários [1].

Em Portugal, particularmente, estas funções estão atribuídas ao IPQ, mais especificamente ao Laboratório Central de Metrologia e aos laboratórios a quem o IPQ confia estas funções em determinadas áreas específicas.

A **Metrologia Aplicada ou Industrial** de domínio voluntário ocupa-se das aplicações metrológicas de carácter não obrigatório no âmbito da garantia da qualidade ou, simplesmente, por razões de boas práticas. Enquadram-se nesta vertente da metrologia as atividades de controlo de processos e produtos, mediante a integração em cadeias de rastreabilidade (hierarquizadas) de padrões existentes nas empresas, em laboratórios de calibração e outros organismos nacionais e internacionais de metrologia [1].

Não obstante, a metrologia aplicada intervém em toda a sociedade pelos organismos do Estado, pelas entidades privadas e pelos laboratórios através dos procedimentos e normas internacionalmente reconhecidas.

A **Metrologia Legal**, de domínio obrigatório nas mais diversas áreas, elabora a legislação metrológica, promove a sua aplicabilidade, aprova modelos de instrumentos de medição, qualifica e acompanha entidades para a realização de operações de controlo metrológico.

Desempenhando um papel fundamental no desenvolvimento económico e social, atua em todas as áreas da sociedade de uma forma legislativa e técnica, permitindo assim salvaguardar os direitos e a proteção dos consumidores e dos cidadãos. Assim, onde existir interesse e relevância pública e para que seja dada garantia oficial às medições realizadas, criam-se os pressupostos para a atuação da metrologia legal [1].

De acordo com o Vocabulário Internacional de Metrologia Legal (VIML), metrologia legal é definida como sendo “parte da metrologia relativa às atividades que resultam de exigências regulamentares e que se aplicam às medições, às unidades de medida, aos instrumentos de medição e aos métodos de medição que são efetuados pelas entidades competentes” [6].

Em suma, a metrologia legal visa assegurar o rigor, a credibilidade e a transparência de todas as ações de medição sujeitas à legislação, através dos requisitos regulamentares definidos pelo Estado nos diversos domínios como as transações comerciais, saúde, segurança, ambiente, entre outros.

## 2.4 Atividades Metrológicas

### ➤ Controlo Metrológico – Carácter Obrigatório

Tendo em conta a metrologia legal e as suas atividades integradas de carácter obrigatório, o Decreto-Lei n.º 291/90 de 20 de setembro define estas atividades como sendo operações de controlo metrológico.

As operações de controlo metrológico são um conjunto de atividades de metrologia legal que se destinam a garantir o rigor e exatidão do resultado das medições efetuadas com instrumentos de medição, para que estes estejam dentro dos limites regulamentares. Esta é uma disciplina regulamentada pelo Estado com a missão de promover a defesa do consumidor e dos cidadãos.

Em Portugal o controlo metrológico legal é sustentado através de uma estrutura legislativa com base nos três seguintes níveis:

- I. **Decreto-Lei** (D-L 291/90 de 20 de setembro), referente aos princípios básicos de controlo metrológico;
- II. **Portaria Geral** (Portaria 962/90 de 9 de outubro), com as definições, condições e características comuns a todos os instrumentos de medição, assim como os símbolos relativos às operações de controlo metrológico;
- III. **Portaria Específica**, para cada instrumento de medição e que contém as condições particulares que lhes são aplicáveis.

O Instituto Português da Qualidade (IPQ), nos termos da sua Lei Orgânica, aprovada pelo Decreto-Lei 71/2012 de 21 de março e alterada pelo Decreto-Lei n.º 80/2014 de 15 de maio, é a Instituição Nacional de Metrologia e, como tal, é responsável pela atividade de controlo metrológico em todo o território nacional [7]. Estas atividades de controlo metrológico têm por base um conjunto de operações integradas, designadamente:

#### • **Aprovação de Modelo**

Consiste no procedimento de validação da conformidade do protótipo com as especificações aplicáveis ao instrumento de medição que foi sujeito a aprovação. Para o efeito um protótipo do instrumento de medição é sujeito a um conjunto de ensaios com base nos requisitos da legislação que o regulamenta. Posto isto, o modelo é aprovado se, após a realização de ensaios, estes evidenciarem a conformidade com os requisitos estabelecidos [8].

#### • **Primeira Verificação**

Antes da colocação em serviço e após a aprovação de modelo, o instrumento é sujeito a uma primeira verificação de controlo metrológico legal com o intuito de garantir as suas características metrológicas e a conformidade com a regulamentação [8].

#### • **Verificações Periódicas**

Após a entrada em funcionamento, os instrumentos de medição são sujeitos a verificações periódicas com base na regulamentação metrológica do modelo em questão. Nestas operações de verificação periódicas os equipamentos são aprovados se obedecerem a um intervalo de erro pré-definido pela classe de exatidão em que o instrumento se insere [8].

#### • **Verificações Extraordinárias:**

Sempre que o instrumento de medição apresente variantes ao seu normal funcionamento, são realizadas verificações extraordinárias [8].

As operações de controlo metrológico de “Aprovação de Modelo” e “Verificação Extraordinária” são da exclusiva responsabilidade do IPQ, ficando as restantes operações a cargo de entidades qualificadas para o efeito e selecionadas por aquele instituto.

Em Portugal, o IPQ é responsável pela criação da legislação metrológica para distintas áreas de atividade económica e pelo respetivo acompanhamento das diretivas da União Europeia (UE), particularmente para os seguintes domínios: transações comerciais, operações fiscais, segurança, proteção ambiental e saúde.

No total, estão publicados até à data 39 regulamentos sobre as categorias de instrumentos de medição submetidas ao controlo metrológico, sendo que a área da saúde é, ainda hoje, um domínio onde existe uma enorme limitação de intervenções em termos regulamentares [7].

Os destinatários deste controlo metrológico legal são tanto os fabricantes e importadores de instrumentos de medição, como os proprietários/detentores e utilizadores destes instrumentos, ou seja, a sociedade em geral.

Resumidamente, o controlo metrológico desempenha um papel fulcral na economia e no bem-estar das populações, contribuindo para o rigor e transparência das medições, seja nas transações comerciais, na segurança, na saúde ou nas demais aplicações, constituindo um elemento chave para o desenvolvimento económico e social do País [9].

### ➤ **Calibrações – Carácter Voluntário**

No âmbito voluntário das atividades metrológicas a calibração centra-se num procedimento comparativo entre dois padrões com o intuito de verificar, e se necessário, corrigir o valor de incerteza de medição atribuídos a um dos padrões. A periodicidade destas ações é estabelecida pelos detentores do instrumento de medição, tendo como referência metodologias internacionalmente reconhecidas.

De uma forma simplificada, calibrar um instrumento de medição consiste em comparar a sua indicação (resultado da medição) com o valor convencionalmente verdadeiro, indicado por um padrão. A diferença entre as duas indicações atribui-se o valor do erro da medição [10].

Os padrões que são utilizados nos processos de calibração poderão ser primários, caracterizados por uma menor incerteza, ou poderão ser secundários, nos quais a incerteza é superior, consoante a finalidade da ação metrológica a que se destina. A rastreabilidade está, desta forma, devidamente assegurada através do processo em cadeia.

Este tipo de atividade metrológica promove não só o cumprimento de requisitos de qualificação, como a garantia de qualidade mas, essencialmente, possibilita a rastreabilidade ao Sistema Internacional SI [7].

Segundo o VIM, a calibração consiste numa operação que estabelece a relação entre os valores de grandeza com incertezas de medição provenientes de padrões e das indicações correspondentes com incertezas de medição associadas [4].

Os resultados das atividades metrológicas, sejam elas de carácter obrigatório (controlo metrológico) ou voluntário (calibrações), expressam-se, respetivamente, na forma de certificados de verificação metrológica ou na forma de certificados de calibração, sendo que a principal diferença reside na avaliação destes.

Na verificação metrológica o certificado aprova, ou rejeita, o equipamento com base no erro máximo admissível para os fins legais, enquanto o certificado de calibração apenas fornece a informação de comparação da indicação do resultado com o valor convencionalmente verdadeiro, ficando a aprovação ou rejeição a cargo do proprietário do equipamento, consoante os requisitos por ele pretendidos.

## 2.5 Rastreabilidade e Conformidade Metrológica

Em qualquer equipamento ou sistema de medição, a necessidade de obter e utilizar resultados que sejam credíveis, comparáveis e reais é uma condição fundamental a verificar.

Neste contexto, a fiabilidade dos resultados de uma medição passa pela necessidade destes serem relacionados com referências existentes, assim aplica-se por definição o conceito de rastreabilidade metrológica através do qual os resultados e as medições são interrelacionados com uma cadeia ininterrupta e documentada de padrões [8].

Segundo o VIM, é definido o conceito de rastreabilidade metrológica como sendo uma propriedade de um resultado de medição pela qual o resultado pode ser relacionado a uma referência, através de uma cadeia ininterrupta e documentada de calibrações, contribuindo cada uma para a incerteza de medição [4].

Para que o resultado de uma medição possa ser relacionado a uma referência, torna-se necessária a aplicação do conceito de cadeia de rastreabilidade metrológica. Ainda segundo o VIM, neste documento uma cadeia de rastreabilidade metrológica é definida como uma “sequência de padrões e calibrações que é usada para relacionar um resultado de medição a uma referência” [4].

A rastreabilidade permite criar uma relação hierárquica que relaciona sistemas de medição a padrões que, por sua vez, estão relacionados com outros padrões de qualidade superior, numa cadeia ininterrupta. O elemento de topo desta cadeia, ou hierarquia, é definido pela unidade de medida que, por sua vez, está relacionada com as definições das unidades do Sistema Internacional de medidas (SI).

Na figura 2.5 encontra-se representada uma estrutura organizacional de rastreabilidade metrológica com ênfase na sequência de padrões de referência.

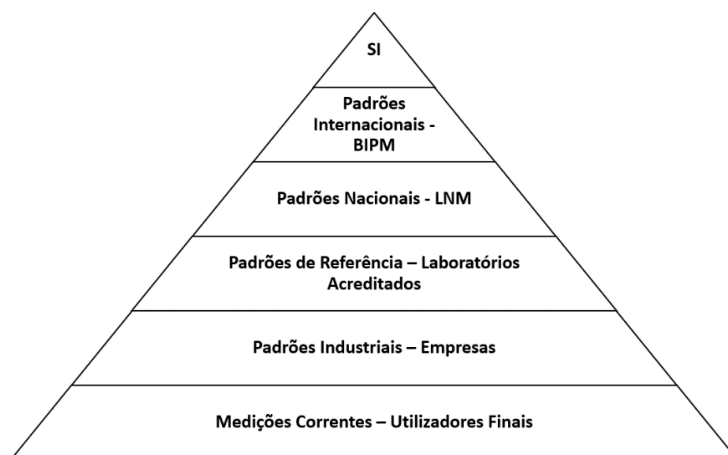


Figura 2.5 - Hierarquia de Padrões de Referência (adaptado [11])

As relações hierárquicas são estabelecidas com base nos níveis de incerteza envolvidos, sendo que os níveis mais baixos da hierarquia, que correspondem à base da pirâmide, possuem uma incerteza maior associada aos padrões utilizados.

No que concerne à extrema importância e necessidade de difusão da rastreabilidade metrológica, esta prende-se fundamentalmente com o facto de permitir conhecer e identificar todo o processo a montante do resultado da medição, sendo desta forma possível verificar todas as possíveis fontes de erro e aplicar ações corretivas.

Neste sentido, as instituições metrológicas desempenham um papel vital nos sistemas nacionais de medição, proporcionando a existência de uma estrutura para a rastreabilidade dos resultados de medição e para a garantia da disseminação do Sistema Internacional de Unidades (SI) [8].

A nível global, o *Bureau International des Poids et Mesures*, (BIPM) é uma infraestrutura de referência, assumindo a importante missão de garantir a comparabilidade e rastreabilidade através da fomentação de comparações interlaboratoriais e disseminação das unidades do Sistema Internacional de Unidades SI [12].

Esta organização intergovernamental foi estabelecida pela Convenção do Metro em 1875, através da qual os Estados-Membros agem em conjunto sobre assuntos relacionados com a ciência e normas de medição [13].

Para o efeito, as orientações do BIPM seguem no sentido da elaboração de procedimentos que relacionem os valores das grandezas indicadas pelos instrumentos de medição com os correspondentes valores convencionalmente verdadeiros, isto é, os padrões de referência.

Este procedimento comparativo de grandezas, pode ser realizado ao abrigo de uma regulamentação, sendo então designado por ensaio de controlo metrológico, visto tratar-se de uma operação do âmbito legal ou poderá igualmente ser realizado no âmbito voluntário, sendo designado por calibração.

Independentemente do âmbito de atuação ou do carácter de aplicação destes procedimentos (voluntário ou obrigatório), a presença de incerteza e de erro é uma constante a considerar, sendo fundamental conhece-los com exatidão a fim de poderem ser minimizados.

Deste modo é importante assegurar que os requisitos especificados são cumpridos, pelo que, a avaliação da conformidade metrológica é fundamental, dado que através de um conjunto de atividades possibilita-se a verificação direta ou indireta de um processo, produto, sistema, pessoa ou organismo [14].

Segundo o WELMEC, a conformidade metrológica deve permitir e assegurar a avaliação da incerteza e do erro de medição, para que sejam definidos os erros máximos admissíveis a aplicar a um determinado instrumento, garantindo assim que o equipamento está dentro dos limites de especificação, previamente regulamentados [15].

Existindo regulamentação para o controlo metrológico dos instrumentos de medição, o processo de monitorização torna-se naturalmente de carácter obrigatório.

Em função do âmbito de utilização do equipamento, e independentemente do carácter de aplicação (obrigatório ou voluntário), o impacto da conformidade metrológica será sempre a nível económico.

Como exemplo do impacto que a conformidade assume nos equipamentos, refere-se a influência da utilização de uma balança com erro e incerteza elevada em dois contextos diferentes, nomeadamente uma transação comercial e um procedimento clínico [10].

Na primeira situação, em função dos erros serem positivos (a indicação do instrumento é superior ao valor verdadeiro) ou negativos, o consumidor pode pagar mais ou menos do real valor, enquanto no segundo cenário, o processo terapêutico ou de diagnóstico pode ser influenciado na mesma proporção. Assim, o impacto económico está presente em ambas as situações, apesar de diferentes contextualizações [10].

Nesta matéria, a ISO 10576-1:2003 constitui um documento normativo de relevante importância, pois apresenta um conjunto de orientações para a verificação da conformidade com os limites de especificação [16].



## 2.6 Instituto Português da Qualidade

O Instituto Português da Qualidade (IPQ) é um instituto público fundado em 1986, com sede na Caparica, concelho de Almada. Está integrado na administração indireta do Estado e goza de autonomia administrativa, financeira e detém património próprio.

A sua criação através do Decreto-Lei nº 183/86 de 12 de julho permitiu que o Estado de Portugal passar a estar dotado de um organismo nacional responsável pela gestão e coordenação do Sistema Português da Qualidade (SPQ) e das suas atividades da Normalização, de Certificação e Metrologia [17].

A figura 2.6 mostra a fachada das instalações do Instituto Português da Qualidade.



Figura 2.6 - Instituto Português da Qualidade, Caparica [7]

É missão do IPQ promover o desenvolvimento da Qualidade nos diversos sectores de atividade em Portugal, disponibilizando para isso uma infraestrutura indispensável e potenciadora à prática de melhores processos e métodos de gestão da Qualidade.

Nos termos da sua Lei Orgânica, aprovada pelo Decreto-Lei 71/2012 de 21 de março e alterada pelo Decreto-Lei n.º 80/2014 de 15 de maio [18], o IPQ apresenta-se como Organismo Nacional de Normalização e, ainda, como Instituição Nacional de Metrologia, a qual é responsável pela atividade de controlo metrológico [9].

Este instituto, enquanto Organismo Nacional de Normalização (ONN), tem como competência promover a elaboração de normas e regras técnicas, garantindo a coerência e atualidade do acervo normativo nacional, bem como fomentar o ajustamento da legislação nacional sobre produtos às normas da União Europeia.

Enquanto Instituição Nacional de Metrologia, compete ao IPQ garantir o rigor e a exatidão das medições realizadas, assegurando a sua comparabilidade e rastreabilidade a nível nacional e internacional, bem como a realização, manutenção e desenvolvimento dos padrões das unidades de medida.

Deste modo o IPQ assume-se como um agente privilegiado de mudança no País ao nível da economia interna e da competitividade internacional [9].

De acordo com os estatutos aprovados pela portaria nº 23/2013 de 24 de janeiro, a organização interna dos serviços deste instituto dispõe-se em quatro unidades orgânicas nucleares previstas nos estatutos, existindo ainda através da deliberação do Conselho Diretivo a possibilidade de criação, modificação ou extinção de unidades orgânicas flexíveis até um máximo de três unidades integradas nos respetivos departamentos, ou hierarquicamente subordinadas [19].

Na figura 2.7 é ilustrado o organograma contendo a organização interna de serviços do Instituto Português da Qualidade.

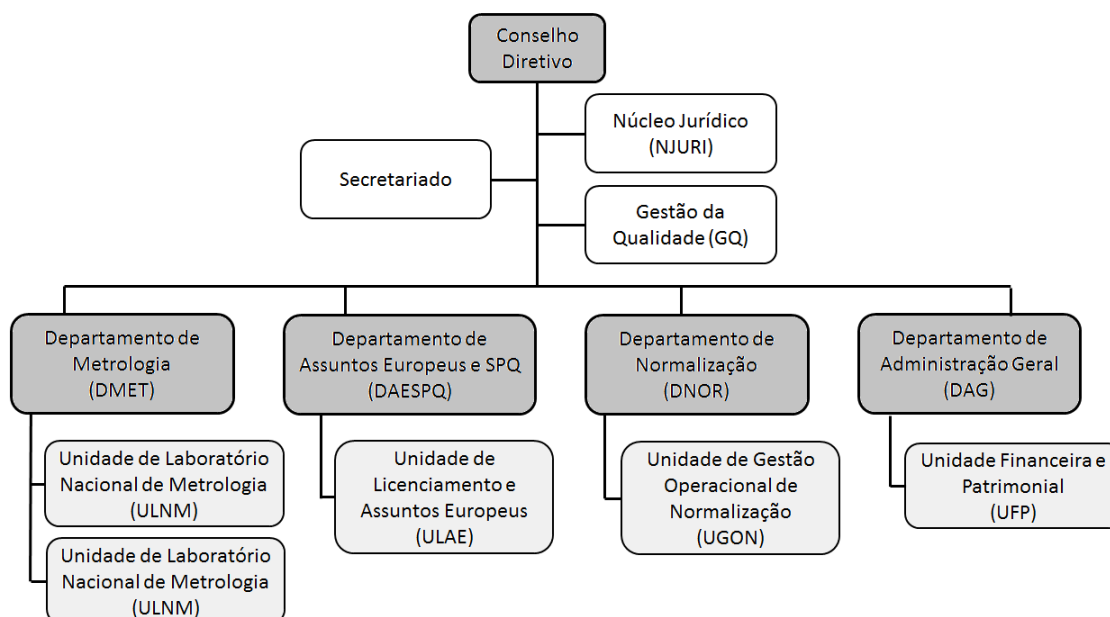


Figura 2.7 - Organograma Interna do IPQ (adaptado [20])

Das diversas atribuições a cargo do Instituto Português da Qualidade (IPQ), destacam-se como principais a gestão e coordenação do Sistema Português da Qualidade (SPQ) - com vista ao incremento da qualidade e contribuindo para o aumento da produtividade, competitividade e inovação nos sectores público e privado - e a gestão do Laboratório Nacional de Metrologia (LNM) nas suas componentes científica, aplicada, e naquilo que diz respeito à gestão do Museu de Metrologia, promovendo a preservação e divulgação do espólio metrológico com interesse histórico.

### ➤ **Sistema Português da Qualidade**

Em 1983, através do Decreto de Lei nº 165/83, é instituído o Sistema Português da Qualidade (SPQ) por substituição do anterior sistema, o Sistema Nacional de Gestão da Qualidade (SNGQ). A sua sucessão deu-se a 2 de julho de 1993 através do Decreto de Lei nº 234/93, [21], [22].

O atual sistema engloba essencialmente, e de forma integrada, entidades e organizações com o objetivo comum de dinamizar a qualidade em Portugal, isto é, constitui o enquadramento legal e institucional para os assuntos da qualidade em Portugal.

Este sistema é gerido e coordenado pelo Instituto Português da Qualidade (IPQ) que é responsável por garantir e dinamizar a qualidade em Portugal, através das entidades que intervêm nos diversos sectores da sociedade.

O Sistema Português da Qualidade é responsável por assegurar a coordenação de três subsistemas fundamentais: Normalização, Metrologia e Qualificação, [9], [7].

A figura 2.8 demonstra o organograma referente ao Sistema Português da Qualidade onde se encontram os três pilares fundamentais da Qualidade em Portugal

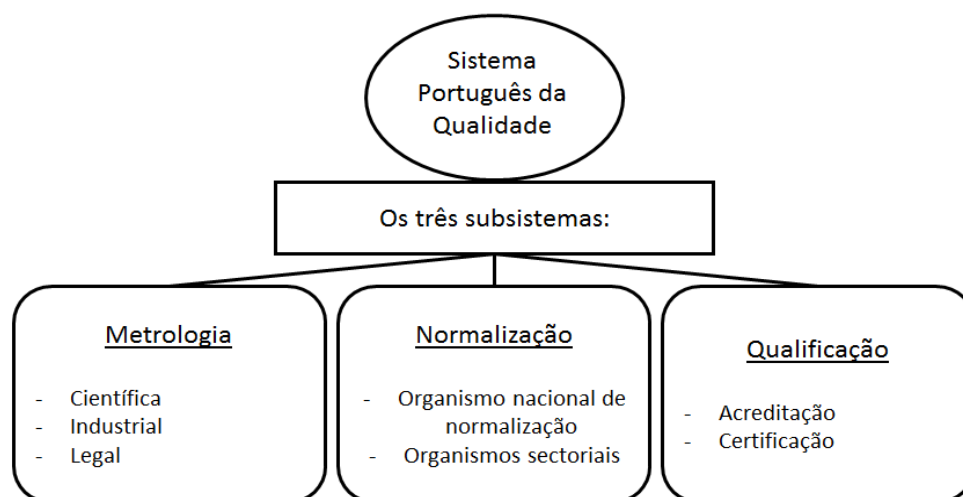


Figura 2.8 - Organograma dos Subsistemas SPQ

#### ○ **Subsistema da Normalização**

Através do Decreto-Lei nº 140/2004 de 8 de junho, o subsistema de normalização do SPQ é responsável por “enquadrar as atividades de elaboração, votação e aprovação de normas e outros documentos de carácter normativo de âmbito nacional, europeu e internacional”.

A normalização é a atividade que, de forma organizada, viabiliza a elaboração de regras ou normas de utilização generalizada ou generalizável de interesse comum ou específico.

O princípio das normas como necessidade objetiva da sociedade localiza-se na transição da produção artesanal para industrial, dada a necessidade da intermutabilidade dos produtos e da sua correspondência à população a que se destina [23].

Qualquer norma é considerada uma referência idónea do mercado a que se destina, sendo por isso utilizada em processos de legislação, de acreditação, de certificação, de metrologia, de informação técnica e de relações comerciais entre Cliente e Fornecedor [7].

A produção de normas visa definir características qualitativas e quantitativas por forma a obter a melhor correspondência possível dos produtos às necessidades.

A escolha e a definição das qualidades e quantidades normalizadas, bem como dos processos para as obter e controlar, são a essência da atividade da normalização. As normas são documentos de aplicação voluntária, salvo se existir um diploma legal que as torne de cumprimento obrigatório.

Apesar da atividade de normalização ter nascido da necessidade de dar resposta a problemas de natureza técnico-industrial, cada vez mais a normalização tem vindo a desempenhar um papel de maior relevância a nível económico, visto facilitar as trocas comerciais na medida em que, para além da diminuição dos custos, reduz as assimetrias de informação entre a oferta e a procura [7].

- **Subsistema da Qualificação**

Pelo Decreto-Lei nº 140/2004 de 8 de junho, o “subsistema de qualificação do SPQ enquadra as atividades de acreditação, de certificação e outras de reconhecimento de competências e de avaliação de conformidade, no âmbito do SPQ” [7].

A qualidade, enquanto conceito horizontal que abrange todas as atividades e todos os sectores da economia, apresenta-se como um fator competitivo que pode diferenciar os produtos e as competências nacionais, apoiando assim a sua afirmação nos mercados e promovendo a inovação.

A qualificação visa a demonstração da conformidade de produtos, serviços e de sistemas de qualidade com requisitos previamente estabelecidos. Assim, o subsistema de qualificação é responsável pela conciliação das atividades de acreditação e de certificação, bem como pelo reconhecimento das competências técnicas das várias entidades que possam vir a atuar no contexto do SPQ.

No que concerne à acreditação, a mesma consiste no procedimento que permite o reconhecimento formal, por um organismo autorizado, da competência de uma entidade para efetuar uma determinada atividade de acordo com as normas nacionais ou internacionais.

No que diz respeito à certificação, esta consiste em avaliar com credibilidade a conformidade de um produto, processo ou serviço, com os requisitos especificados nas normas internacionais, europeias ou nacionais e com regulamentos ou especificações técnicas aprovados pelo organismo competente, também dentro do âmbito do SPQ.

A certificação é temporária e renovável, atribuída a empresas ou entidades com vista a autenticar ou certificar que as mesmas se regem pelas normas definidas a nível nacional ou internacional. Estas normas visam proporcionar níveis específicos de qualidade e confiança aos seus clientes/consumidores, potencializando assim a economia e o desenvolvimento [7].

- **Subsistema da Metrologia**

Segundo o Decreto-Lei nº 140/2004 de 8 de junho, o subsistema de metrologia do SPQ “garante o rigor e a exatidão das medições realizadas, assegurando a sua comparabilidade e rastreabilidade, a nível nacional e internacional, e a realização, manutenção e desenvolvimento dos padrões das unidades de medida”.

A metrologia faz parte do dia-a-dia de cada cidadão, constituindo uma ferramenta indispensável para as diversas áreas de atividade da sociedade. Como o próprio nome indica, é a ciência da medição (massa, comprimento, temperatura, pressão, etc.), que engloba tudo o que a ela diz respeito, tratando em particular dos instrumentos, das técnicas de medição e do tratamento dos resultados de medição.

Neste sentido o subsistema de metrologia do Sistema Português da Qualidade (SPQ), gerido pelo Instituto Português da Qualidade (IPQ), visa a realização e a manutenção de padrões metrológicos necessários à sociedade portuguesa em geral e a contribuição para a construção de uma liderança metrológica europeia no quadro da economia mundial através do rigor e da rastreabilidade das medições em Portugal.

➤ **Departamento de Metrologia**

O Departamento de Metrologia (DMET) tem como principal missão a assegurar e certificar o rigor e a rastreabilidade das medições no território nacional, através dos padrões de medida necessários à indústria e à sociedade portuguesa em geral e ainda contribuir para a construção de uma liderança metrológica europeia no quadro da economia mundial [7].

O Departamento de Metrologia (DMET), tal como esquematizado na Figura 2.9, é constituído pela Unidade Laboratório Nacional de Metrologia (LNM), pela Unidade Metrologia Legal, pelo Museu de Metrologia e é igualmente responsável pelos princípios de Boas Práticas Laboratoriais.

Na Figura 2.9 está representado o organograma referente à estrutura do Departamento de Metrologia do Instituto Português da Qualidade:

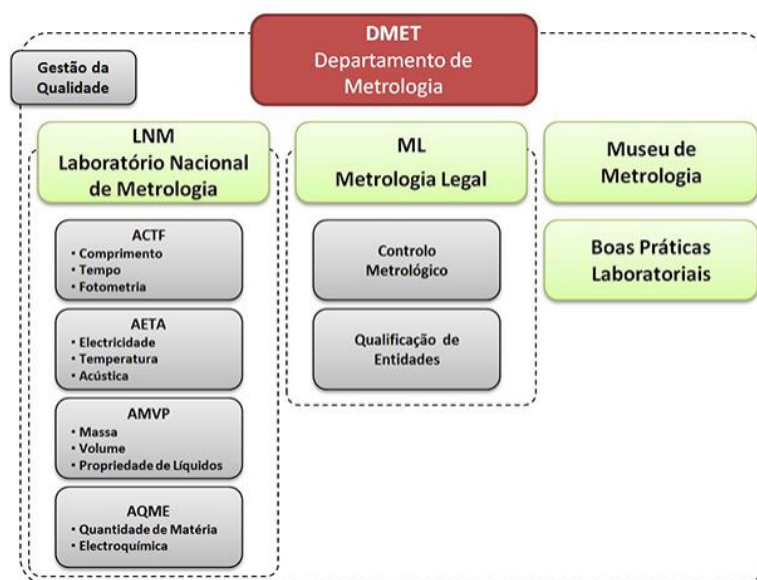


Figura 2.9 - Estrutura Orgânica Departamento de Metrologia [24]

A unidade **Laboratório Nacional de Metrologia**, enquanto parte integrante do departamento de Metrologia do Instituto Português, exerce funções de Instituição Nacional de Metrologia, representando o IPQ nos órgãos de coordenação técnica das organizações europeias e internacionais. Promove e dinamiza o subsistema da Metrologia assegurando a realização dos padrões nacionais das unidades de medida e garantindo a cadeia nacional de rastreabilidade [7].

Esta unidade detém os padrões nacionais das unidades de grandezas de base do Sistema Internacional de unidades (SI), bem como das várias grandezas derivadas do SI, assegurando assim a confiança na cadeia nacional de rastreabilidade.

Das competências da unidade de **Metrologia Legal**, destacam-se a elaboração e revisão de toda a regulamentação metrológica europeia e internacional, bem como a elaboração e promoção da legislação nacional de controlo metrológico. Esta é também responsável pela aprovação de modelos de instrumentos de medição submetidos ao controlo regulamentar [19].

## **2.7 Vocabulário Internacional de Metrologia e Vocabulário Internacional de Metrologia Legal**

Em qualquer domínio técnico-científico, a terminologia utilizada deve ser escolhida de forma cuidada e com vista a uniformizar os termos utilizados, sendo para tal necessário a existência de um vocabulário que seja compreendido por todos os intervenientes. A metrologia como ciência da medição depende da compreensão entre entidades que partilham ideias e fundamentos, daí este vocabulário representar uma importância fulcral.

O Vocabulário Internacional de Metrologia (VIM), desde a sua primeira edição em 1983, sofreu algumas alterações e atualizações resultantes da cooperação entre as entidades envolvidas. Em 2008 foi editada e disponibilizada gratuitamente a 3ª versão do VIM, que inclui alterações de definições em relação à versão anterior, novos conceitos e nova organização documental. Esta Edição foi traduzida para português pelo IPQ em 2012, gerando uma versão em quatro línguas que contempla a tradução para português das definições dos termos constantes da versão internacional com as respetivas designações em inglês, francês e castelhano. Esta nova versão, a mais completa das três, revela ainda uma maior abrangência de temas que vai para além das áreas científicas e engenharia, como a física, a química ou a medicina [4].

O VIM, enquanto vocabulário ou dicionário terminológico, diz respeito à metrologia, a “ciência da medição e suas aplicações”. Ele abrange igualmente os princípios básicos aplicáveis às grandezas e unidades. Entre muitos outros fatores, este vocabulário revela-se muito útil no tratamento de dados experimentais devido a sua abordagem de incerteza de medição [4] [25].

À semelhança do VIM, o Vocabulário Internacional de Metrologia Legal (VIML), pretende harmonizar a terminologia utilizada referente ao domínio da metrologia legal. A primeira edição deste documento, na altura denominado Vocabulário de Metrologia Legal (VML), é resultado do trabalho conduzido no seio da organização Internacional de Metrologia Legal (OIML) na Polónia em 1961. Existiram várias adendas à 1ª edição do documento, sendo que em 1978 foi publicada uma versão bilingue (Francês e Inglês).

A necessidade de homogeneizar mundialmente a terminologia de Metrologia Legal e a necessidade de se falar a mesma língua na cooperação internacional, resultou na identificação dos conceitos gerais que constituem a terminologia de base comum às diversas disciplinas técnicas.

Em 2008 é publicada a última edição do documento (VIML 2008), traduzida para português, pelo IPQ, sendo esta uma versão trilingue (Português, Inglês e Francês) que se faz acompanhar de definições dos termos constantes da versão internacional.

O VIML inclui apenas os conceitos usados no domínio da metrologia legal, estes conceitos compreendem as atividades de um serviço de metrologia legal, os documentos relevantes bem como outras questões ligadas a estas atividades [6].

## 2.8 Sistema Internacional de Unidades SI

O Sistema Métrico Decimal foi criado em 1789 e adotou inicialmente três unidades básicas de medida: o metro, o litro e o quilograma. Mais tarde este sistema foi aceite internacionalmente através da Convenção do Metro [26].

Através do 1º artigo da Convenção do Metro, a 20 de maio de 1875, foi estabelecido o *Bureau International des Poids et Mesures* (BIPM) com o objetivo de fornecer a base para um sistema de unidades de medida único e coerente, capaz de ser utilizado mundialmente [12].

Com o crescente desenvolvimento científico e tecnológico o grau de exigência necessário nas medições tornou-se igualmente superior, levando ao surgimento de novas unidades de medidas e regras.

Sob o apoio da Convenção do Metro foram realizados protótipos internacionais para o metro e para o quilograma, tendo sido aprovados na primeira *Conférence Générale des Poids et Mesures* (CGPM), em 1889.

Ao longo do tempo o sistema métrico decimal foi sofrendo algumas alterações e, nos dias de hoje, contempla sete unidades de base. Estas alterações foram aprovadas na 11.ª Conferência Geral de Pesos e Medidas (CGPM) em 1960, passando o sistema métrico decimal a ser designado de Sistema Internacional de Unidades (SI).

Em Portugal, o Sistema Internacional foi adotado pelo Decreto-Lei nº 427/83 de 7 de dezembro, revisto e posteriormente alterado, tendo sido presentemente atualizado pelo Decreto-Lei nº 128/2010 de 3 de dezembro como o sistema legal de unidades de medida [26].

Como referido anteriormente, o SI é atualmente composto por sete Unidades Base e respetivas Unidades Derivadas, formando um sistema de unidades único e coerente, utilizado globalmente.

As Unidades de Base são aquelas que permitem definir todas as unidades de medida do SI, são consideradas como sendo dimensionalmente independentes. Estas unidades são: o metro (unidade de comprimento), o quilograma (unidade de massa), o segundo (unidade de tempo), o ampere (unidade de corrente elétrica), o kelvin (unidade de temperatura termodinâmica), a mole (unidade de quantidade de substância) e a candela (unidade de intensidade luminosa).

As sete unidades de base do SI constituem o fundamento que permite definir todas as unidades de medida do SI. Com o avançar da ciência, e refinamento dos métodos de medição, é imperativo que estas definições sejam revistas e melhoradas, dando cada vez mais cuidado às suas realizações.

Na tabela 2.1 estão representadas as Unidades de Base do SI e os seus respetivos símbolos que as identificam.

Tabela 2.1 - Unidades de Base SI - [26]

Grandeza	Unidade	
	Nome	Símbolo
Comprimento . . . . .	metro	m
Massa . . . . .	quilograma	kg
Tempo . . . . .	segundo	s
Corrente eléctrica. . . . .	ampere	A
Temperatura termodinâmica . . . . .	kelvin	K
Quantidade de matéria . . . . .	mole	mol
Intensidade luminosa . . . . .	candela	cd

As unidades derivadas são aquelas que se podem obter a partir das unidades de base e são definidas como expressões algébricas sob a forma de produtos de potências de unidades de base. Por questões de conveniência certas unidades derivadas receberam nomes e símbolos especiais, podendo assim ser utilizadas de forma a obter expressões e símbolos de outras unidades derivadas [12].

Na tabela 2.2 estão representadas as unidades derivadas do SI.

Tabela 2.2 - Unidades Derivadas do SI - [26]

Grandeza derivada	Unidade derivada do SI	
	Nome	Símbolo
Superfície . . . . .	metro quadrado	m <sup>2</sup>
Volume . . . . .	metro cúbico	m <sup>3</sup>
Velocidade . . . . .	metro por segundo	m/s
Aceleração . . . . .	metro por segundo quadrado	m/s <sup>2</sup>
Número de onda . . . . .	metro à potência menos 1	m <sup>-1</sup>
Massa volumica . . . . .	quilograma por metro cúbico	kg/m <sup>3</sup>
Volume mássico . . . . .	metro cúbico por quilograma	m <sup>3</sup> /kg
Densidade de corrente . . . . .	ampere por metro quadrado	A/m <sup>2</sup>
Campo magnético . . . . .	ampere por metro	A/m
Concentração (de quantidade de matéria) . . . . .	mole por metro cúbico	mol/m <sup>3</sup>
Luminância luminosa . . . . .	candela por metro quadrado	cd/m <sup>2</sup>
Índice de refração . . . . .	(o número) um	(a) 1
Permeabilidade relativa . . . . .	(o número) um	(a) 1

(a) De um modo geral, não se utiliza o símbolo «1» com um valor numérico.

Resumidamente, o Sistema Internacional de Unidades define os nomes, os símbolos e as definições das unidades, bem como os prefixos e símbolos dos múltiplos e submúltiplos dessas mesmas unidades, contemplando ainda recomendações para a escrita e para a utilização dos símbolos [26].

O SI não é estático, evolui de modo a acompanhar os requisitos globais cada vez mais exigentes para medições a todos os níveis de exatidão e em todas as áreas da ciência, tecnologia e desenvolvimento humano [12].

Nestas últimas décadas o SI foi atualizado com vista a acompanhar a evolução tecnológica, sendo que em 2018 está prevista a sua redefinição em que o quilograma passará a ser definido por uma constante imutável.

É nos países mais desenvolvidos que se assiste a uma crescente preocupação com o rigor e confiança no resultado das medições. Para que assim seja, os países estão a desenvolver a sua própria regulamentação e legislação no sentido de harmonizar programas direcionados para garantia da rastreabilidade metrológica nos instrumentos de medição, seguindo as indicações da Organização Internacional da Metrologia Legal (OIML). Estas medidas visam adaptar a legislação às necessidades de cada país naquilo que diz respeito ao comércio, à saúde, à segurança pública, ao ensino, etc.



## 2.9 Metrologia na Saúde

Ao longo das últimas décadas a metrologia evoluiu significativamente, assistindo-se a grandes avanços na área científica e industrial que contribuíram para um aumento notório da qualidade nesses domínios. Porém, na área da saúde, onde o seu papel é crucial, as aplicações neste domínio encontram-se muito pouco desenvolvidas.

O sector da saúde onde a implementação da Metrologia ocorreu de forma mais precoce foi o das radiações ionizantes, sendo que em 1976 já havia sido estabelecida uma rede coordenada pela Organização Mundial de Saúde (OMS) e pela Agência Internacional de Energia Atómica (AIEA) com vista a estabelecimento da rastreabilidade de instrumentos em laboratórios, hospitais e clínicas [27].

Apesar da evolução nesta área, a situação atual encontra-se muito aquém da situação ideal, mas é na área das radiações ionizantes que o nível de rastreabilidade metrológica é mais elevado, comparativamente às restantes áreas da saúde.

Na saúde a realização de medições de parâmetros físicos, químicos e biológicos, são práticas comuns e fundamentais. Estas práticas passam pelo diagnóstico, prevenção e tratamento de doenças, na avaliação do risco e no acompanhamento da evolução clínica dos pacientes.

Assim sendo, a metrologia na saúde assume um elevado grau de importância no quotidiano hospitalar, já que muitas das decisões são tomadas com base em medições.

Deste modo a credibilidade dessas decisões é fundamental uma vez que a diferença entre uma boa ou uma má decisão poderá depender da informação recebida estar, ou não, correta. Torna-se assim imperativo que estas medições sejam de confiança para que o tratamento e acompanhamento da evolução clínica dos pacientes não seja prejudicado.

Porém, atualmente constata-se uma certa dependência tecnológica no que concerne ao desempenho das atividades médicas, nomeadamente na medição de parâmetros fisiológicos, que leva a que cada vez mais os profissionais de saúde confiem os seus diagnósticos e tratamentos com base nos resultados destes equipamentos médicos.

Em qualquer medição efetuada existe sempre associado um erro e uma incerteza, e naturalmente é necessária a sua identificação e correção para que estes erros se mantenham dentro dos limites aceitáveis.

Devido ao aumento da complexidade dos equipamentos verifica-se uma grande dificuldade na deteção dos erros associados aos resultados de medição, porém esta situação é muitas vezes resolvida com uma simples verificação metrológica.

A importância de se garantir a qualidade das medições efetuadas é cada vez mais evidente, verificando-se uma associação direta à qualidade do diagnóstico. Perante isto pode prever-se que a complexa tecnologia disponível atualmente nos equipamentos médicos traga benefícios evidentes e, por outro lado, possa acarretar grandes riscos, muitos deles com consequências fatais para os operadores e pacientes.

O risco de uso de instrumentos de medição sem a devida avaliação metrológica apenas ganhou destaque a partir de 1991, com a 55.<sup>a</sup> Assembleia Geral da Organização Mundial de Saúde (OMS), onde foram apresentados uma série de estudos com a finalidade de mapear a ocorrência de efeitos adversos no universo dos pacientes hospitalizados [28].

Dos vários estudos apresentados destacou-se o estudo realizado pela Universidade de Harvard, no qual se estabeleceram padrões para a quantificação de eventos adversos ocorridos em ambiente hospitalar. Os resultados deste estudo demonstraram que num universo de 30.195 pacientes hospitalizados, 1.133 eventos foram adversos, o que corresponde a 3,7 % dos pacientes hospitalizados. Desses eventos cerca de 74 % foram considerados temporários e 13,6 % dos incidentes revelaram-se fatais [27] [29].

Apesar de existirem diversos fatores responsáveis pela ocorrência de eventos adversos, os equipamentos médicos sem qualquer tipo de controlo metrológico são considerados uma iminente fonte de risco. Através do controlo metrológico é possível prevenir a ocorrência de diagnósticos incorretos, possibilitando uma diminuição dos custos da área da saúde. Assim, a sociedade beneficia com a melhoria do atendimento enquanto os profissionais da saúde reforçam a confiança nos diagnósticos e tratamentos prescritos.

Em Portugal, e naquilo que atualmente diz respeito aos serviços de saúde, verifica-se uma reduzida exigência relativamente à rastreabilidade metrológica dos equipamentos em uso, já que para a generalidade destes equipamentos não existe uma verificação metrológica imposta pelas entidades reguladoras. Perante esta situação, em que as abordagens metrológicas existentes são aplicadas fora de um âmbito obrigatório, torna-se difícil o acesso à avaliação das condições de desempenho metrológico destes equipamentos.

No cenário internacional, em particular nos países mais desenvolvidos, assiste-se a uma preocupação acrescida com a confiança das medições na área da saúde, tendo cada País a necessidade de estabelecer leis e regulamentos no sentido de desenvolver, harmonizar e legislar programas direcionados para assegurar a rastreabilidade metrológica dos instrumentos de medição [30].

Assim, para a melhoria dos serviços de saúde e dinamização da gestão da manutenção hospitalar, é fundamental que exista não só a otimização de protocolos metrológicos, mas também a elaboração de planos de controlo para validação de equipamentos médicos e a sensibilização dos profissionais de saúde para o controlo metrológico.

A adoção destas medidas constitui um importante passo e um contributo fundamental para a otimização de recursos e para a inovação das estruturas organizacionais. Nesse sentido existe ainda um longo caminho a percorrer, sendo fundamental por enquanto disseminar a importância da metrologia na saúde e na sociedade globalizada.

## **2.10 Metrologia nos Equipamentos Médicos**

Ao longo dos últimos 50 anos presenciaram-se grandes avanços científicos e tecnológicos nas mais diversas áreas. No sector da saúde estes avanços englobam um vasto conjunto de produtos em que a regulamentação e a legislação comunitárias são transpostas para o direito nacional, designando-se por equipamentos médicos.

Os equipamentos médicos são instrumentos indispensáveis utilizados no sector da saúde destinados a prevenir, diagnosticar ou tratar doenças. Estes englobam uma enorme diversidade de produtos que vão desde as simples ligaduras aos produtos mais complexos, como *pacemakers* ou máquinas de suporte auxiliar de vida.

Atualmente existem mais de 1 milhão de tecnologias médicas disponíveis e todas elas partilham o mesmo propósito, melhorar e prolongar a vida das pessoas [31].

A indústria dos equipamentos médicos é altamente inovadora tendo um valor de mercado estimado em cerca de 95 mil milhões de euros [32]. Esta indústria é uma das maiores entidades empregadoras da Zona Euro, existindo neste sector aproximadamente 1.000 produtos [33].

Em Portugal este tipo de indústria é reduzida, contudo, as trocas comerciais realizadas neste sector contribuem de forma significativa para a economia nacional [34].

As diretivas comunitárias, depois da integração económica da União Europeia, passaram a definir os requisitos essenciais de saúde, proteção, segurança e bem-estar, eliminando as barreiras comerciais entre os Países membros.

Esta metodologia permitiu a harmonização da legislação dos Estados membros, desempenhando um papel determinante na fundação do mercado único e na garantia da livre circulação. Através da resolução do Conselho Europeu aprovado em 1985, ficou conhecida a Nova Abordagem, que possibilitou a referida harmonização [34].

Na Nova Abordagem as diretivas definem os requisitos essenciais que os equipamentos deverão cumprir para serem comercializados ou utilizados, remetendo para normas as especificações técnicas e de ensaios, indispensáveis para que os produtos se encontrem em conformidade com determinada diretiva, bem como os meios de comprovação dessa conformidade [34].

O quadro normativo aplicável aos dispositivos médicos consiste em 3 diretivas, na sua redação atual:

- Diretiva 93/42/EEC, relativa aos dispositivos médicos em geral;
- Diretiva 98/79/EC, relativa aos dispositivos médicos para diagnóstico *in vitro*;
- Diretiva 90/385/EEC, relativa aos dispositivos médicos ativos implantáveis.

Os objetivos destas diretivas é assegurar um nível elevado de proteção da saúde, definir requisitos para a segurança, desempenho e funcionamento adequado dos dispositivos médicos comercializados na União Europeia, sendo estas aplicadas tanto aos produtos como aos fabricantes [35].

Desde o início da década de 90 Portugal tem vindo a acompanhar a transposição destas diretivas para o ordenamento jurídico nacional. Tal legislação impôs regras às quais se deve obedecer seja no fabrico, na comercialização, na entrada em serviço ou na vigilância de equipamentos médicos [35] [36].

Estas diretivas têm sido suplementadas e atualizadas ao longo do tempo com novas diretivas e recomendações, incluindo a última revisão técnica introduzida pela Diretiva 2007/47/EC, do Parlamento Europeu e do Conselho, que alterou a Diretiva 93/42/EEC [36].

A transposição da Diretiva 93/42/CE para a lei nacional, pelo Decreto-Lei nº 145/2009 de 17 de junho, adveio da necessidade de adotar normas harmonizadas relativamente ao fabrico, colocação no mercado, vigilância na pós-comercialização e entrada em serviço [34].

Esta Diretiva tem assim por objetivo harmonizar o processo de certificação e de controlo de equipamentos médicos por forma a assegurar a sua livre circulação no mercado europeu [37].

Em Portugal está imposto aos equipamentos médicos um conjunto de procedimentos e obrigações com o objetivo de garantir a qualidade e segurança dos mesmos. Contudo, um dos principais requisitos de qualidade não é tido em conta, a garantia metrológica do equipamento, sendo que atualmente este cuidado fica a cargo dos detentores do equipamento [38].

Os equipamentos, com exceção dos destinados à investigação clínica e aqueles que são feitos por medida, apresentam a marcação “CE” no momento da sua colocação no mercado. Esta marcação indica a conformidade do equipamento com a legislação da União Europeia [39].

A marcação “CE” é um requisito legal para a colocação de equipamentos médicos no mercado europeu. Estas iniciais são a abreviatura da designação francesa *Conformité Européenne* que significa Conformidade Europeia.

Esta marcação indica que um produto está em conformidade com a legislação europeia e com as normas europeias harmonizadas, podendo ser comercializado no espaço económico europeu. Através da afixação desta marca o fabricante assume integralmente toda a responsabilidade pela conformidade do seu produto em cumprir as diretivas legais vigentes na Europa.

A marcação de conformidade é formada pelas letras “CE” e com o grafismo mostrado na Figura 2.10.

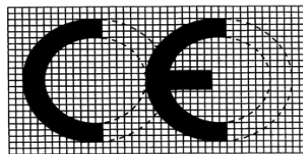


Figura 2.10 - Marcação “CE” de Equipamentos Médicos [40]

A marcação CE é também ser seguida por quatro dígitos, “CE xxxx”, estes quatro dígitos identificam o organismo que validou a conformidade do produto segundo a correspondente diretiva.

Segundo a diretiva 93/42/CE, o sistema de classificação de equipamentos médicos tem por principal objetivo o controlo de potenciais riscos associados a cada tipo de equipamento. Esta classificação divide os equipamentos médicos de acordo com a sua vulnerabilidade e riscos decorrentes da sua conceção técnica, fabrico e modo de utilização [37].

O risco que cada equipamento médico apresenta para os indivíduos que com ele interagem pode ser classificado em quatro classes (I, IIa e IIb e III), encontrando-se essa classificação prevista no anexo IX do presente Decreto-Lei, do qual faz parte integrante.

A classe de risco é determinada considerando a duração do contacto do equipamento com o corpo humano (temporário, curto prazo ou longo prazo), a sua invasibilidade (invasivo, não invasivo), pela parte do corpo humano afetada pela utilização (cérebro, coração, etc.) e pelos potenciais riscos inerentes da conceção técnica e de fabrico do próprio equipamento [41].

Esta classificação é atribuída pelo fabricante tendo em conta as regras de classificação estabelecidas na legislação. Assim sendo, as diferentes classes são apresentadas consoante o seu nível de risco:

- **Classe I (Baixo Risco):** Corresponde aos equipamentos que dispensam de procedimentos e técnicas especiais de produção e poucos cuidados ou precauções no seu uso, representando assim baixo risco intrínseco à saúde dos seus utilizadores sejam eles pacientes ou operadores;
- **Classe IIa e Classe IIb (Médio Risco):** Estes equipamentos, apesar de dispensarem de procedimentos especiais de produção, necessitam de precauções no seu uso ou aplicação, representando assim um risco médio à saúde dos seus utilizadores;
- **Classe III (Alto Risco):** São equipamentos que dependem do recurso a procedimentos e técnicas especiais de produção, bem como precauções de uso ou aplicação e que representam alto risco intrínseco à saúde dos seus utilizadores.

A Figura 2.5 ilustra as diferentes classes de risco para os equipamentos médicos.

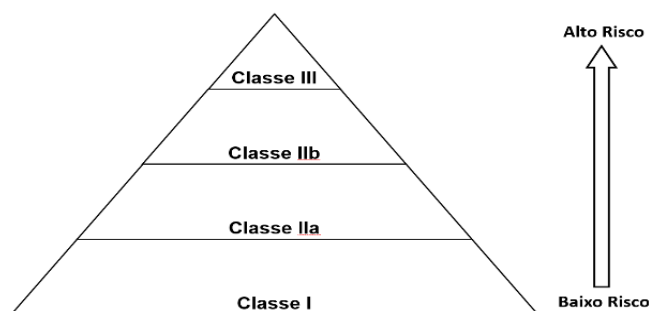


Figura 2.11 - Classe de Risco dos Equipamentos (adaptado [42])

Atendendo ao vasto número de equipamentos médicos existentes no mercado, estão apresentados na Tabela 2.3 apenas alguns exemplos, subdivididos nas respetivas classes de risco. Para além destas classes podem também existir equipamentos médicos feitos por medida, bem como sistemas e conjuntos.

A tabela 2.3 apresenta um resumo das categorias e classes de risco para alguns exemplos de equipamentos médicos, adaptado do estudo, *Certification and registration Medical devices on the European Market*, Ttopstart, October 2013.

Tabela 2.3 - Exemplos de Equipamentos Médicos (adaptado [43])

Diretiva UE	Nível de Risco	Classe de Risco	Equipamento
<b>93/43/CE</b>	Baixo Risco	Classe I	Maca Estetoscópio
		Classe I com função de medição	Termómetro digital Esfigmomanómetro
		Classe I estéril	Luvas de exame Sistemas de Perfusão
	Médio Risco	Classe IIa	Seringas com agulha Equipamento de Ressonância
		Classe II b	Incubadoras Monitores Sinais Vitais
	Alto Risco	Classe III	Desfibriladores Válvulas cardíacas

A demarcação da fronteira entre um equipamento médico e qualquer outro tipo de produto é estabelecida tendo em consideração a finalidade prevista pelo fabricante do produto e o meio através do qual é alcançado o principal efeito pretendido no corpo humano. A fundamentação científica do equipamento médico é um critério importante, já que a sua ausência resulta na não atribuição da respetiva classe do equipamento e, consequentemente, do seu estatuto legal [44].

Para além da legislação anteriormente referida ainda documentos interpretativos, ou publicações relevantes da Comissão Europeia, nomeadamente as normas, que têm como objetivo assegurar a aplicação uniforme dos requisitos estabelecidos nas diretivas dentro da União Europeia. Estas publicações encontram-se no Jornal Oficial da UE e nele estão listadas as normas harmonizadas que se encontram em vigor e que deverão ser aplicadas a cada equipamento médico em conformidade com as diretivas aplicáveis [45].

As normas harmonizadas são normas Europeias adotadas pelas organizações de normalização e preparadas conforme as orientações gerais acordadas entre a Comissão Europeia e as organizações de normalização.

Assumindo-se como ferramentas úteis, são condutoras do processo de certificação, permitindo presumir a conformidade com os requisitos essenciais da diretiva aplicável. Contrariamente às diretivas, as normas não são obrigatórias, contudo as diretivas possuem sustentação nas normas apesar de estas não as referirem diretamente [45] [46].

Dependendo da aplicabilidade, as normas podem ser classificadas consoante a quantidade de Países em que são aplicadas. As normas podem ser harmonizadas ou internacionais. As normas harmonizadas são aquelas que devem ser adaptadas e transpostas para a legislação e regulamentação nacional.

Como foi referido anteriormente, o uso das normas harmonizadas não é obrigatório, daí o fabricante dos equipamentos poder decidir a sua utilização, ou não. Não sendo utilizadas, o seu produto não beneficiará da presunção de conformidade, contudo, as normas harmonizadas não são uma categoria específica dentro das normas europeias.

Qualquer fabricante, para demonstrar a conformidade dos dispositivos que produz, pode recorrer a outras soluções técnicas devendo, por isso, demonstrar que essas soluções são tão ou mais rigorosas em termos de requisitos e, ainda, que garantem a conformidade do dispositivo com os requisitos essenciais.

A avaliação da conformidade dos dispositivos médicos assenta na aplicação de um sistema gradual de controlo, correspondente ao nível dos riscos potenciais inerentes ao tipo de dispositivo em causa, sendo realizada de acordo com os procedimentos de avaliação de conformidade constantes nos diferentes anexos de cada uma das diretivas e dos decretos-lei que as transpuseram [47].

De acordo com as diferentes classes de risco aplicáveis a cada tipo de equipamento médico, devem ser realizados procedimentos de avaliação de conformidade, com base em todos os requisitos essenciais e normas harmonizadas. Esta avaliação da conformidade dos equipamentos abrange as fases de conceção, de produção e de inspeção final do produto, uma vez concluído [48].

Os procedimentos de avaliação da conformidade baseiam-se na aplicação de Sistemas de Garantia da Qualidade e de Ensaio ao Produto, no Controlo Interno da Produção e/ou na combinação entre os diferentes tipos. [47]

Em Portugal, os equipamentos médicos são na sua grande maioria, importados, sendo-lhes imposto um conjunto de procedimentos e obrigações que vão no sentido de garantir a qualidade e segurança dos mesmos, porém a garantia metrológica não é assegurada nesse processo.

De acordo com a legislação nacional aplicada ao sector da saúde, os equipamentos comercializados em Portugal estão isentos de vigilância por parte do Estado em termos de obrigação legal do controlo metrológico, ficando a cargo dos proprietários e utilizadores desses equipamentos a sua conservação e bom funcionamento.

Neste contexto, a identificação de potenciais falhas na qualidade, segurança e desempenho dos equipamentos médicos passa pelos utilizadores (quer sejam os profissionais de saúde, ou os próprios doentes), que podem notificar de forma voluntária e direta à Autoridade Competente. O utilizador passa assim a assumir um papel essencial na fiscalização do mercado dos equipamentos médicos, participando como notificador de situações suspeitas de não conformidade à Autoridade competente.

Em Portugal o INFARMED é a Autoridade Competente, desde 2007, e assume o papel de autoridade reguladora nacional para todos os tipos de equipamentos médicos pela transferência das competências até então atribuídas a outros organismos públicos. Trata-se de um instituto público integrado na administração indireta do Estado, dotado de autonomia administrativa, financeira e património próprio. A sua principal competência passa por assegurar que estes equipamentos satisfazem os requisitos legais, não comprometendo a saúde e segurança dos doentes, dos utilizadores e de terceiros, conforme estabelecido nas Diretivas Europeias relativas a estes equipamentos [33].

### 3 Fundamentos da Manutenção

Este capítulo enquadra a Manutenção ao longo dos tempos, focando-se nas três gerações da sua evolução. Define o conceito de Manutenção e a sua importância. Aborda ainda os tipos de Manutenção e a sua intervenção na área da saúde.

#### 3.1 História da Manutenção

A necessidade de manter os equipamentos preservados encontra-se presente na vida do Homem desde o início dos tempos.

A evolução da Manutenção pode ser descrita em três gerações, antes, durante e depois da Segunda grande Guerra Mundial [49].

A primeira geração assenta no período antes da Segunda Guerra Mundial, onde a indústria era pouco mecanizada, e a prevenção de falhas não era prioridade.

Até ao final dos anos quarenta, a manutenção cingia-se à reparação imediata de avarias e substituição de peças danificadas, encontrando-se a Manutenção ainda num estado embrionário. Esta geração conhecida como a primeira geração da “Evolução da Manutenção - Reparar a Avaria”.

A segunda geração, ocorre durante a Segunda Guerra Mundial, que devido ao aumento abrupto da necessidade de bens de consumo conduziu à crescente dependência de máquinas por forma a fazer face à procura. Com a produção em massa a tornar-se corrente surge a necessidade de evitar qualquer falha passando a manutenção afirmar-se como uma necessidade absoluta e a ter uma importância equivalente à da operação.

O uso do computador, associado a um melhor conhecimento da utilização de materiais e um melhor controlo das técnicas de fabrico, permitiram a partir dos anos 60, o surgimento de novas formas de manutenção possibilitaram antever a aproximação de ocorrência de falhas nos equipamentos.

As avarias passam agora a ter repercussões importantíssimas nos resultados finais de uma organização o que levou a que os custos de manutenção e os estudos de modelos de prevenção de avarias passassem a ser alvo de preocupação, surgindo assim o conceito de manutenção preventiva. Este período é denominado como a segunda geração da “Evolução da Manutenção - Evitar a Avaria”.

A terceira geração surge nos anos 70, com o aparecimento de novas técnicas e pesquisas a serem constantemente desenvolvidas. Começa então a nascer a engenharia de manutenção, focada na criação de modelos matemáticos e estatísticos com o intuito de não só evitar a avaria mas também obter a máxima disponibilidade dos equipamentos. O baixo nível de *stock*, imposto por filosofias como a *just-in-time*, em que são produzidos apenas os bens necessários, na quantidade certa e quando necessário, tornaram notórias as consequências das avarias do equipamento.

Para alcançar os objetivos exigidos através destas novas ferramentas era necessário evitar quebras de funcionamento, assim como resposta desenvolveram-se técnicas de diagnóstico arrojadas para melhorar a implementação da manutenção preventiva.

Com a introdução da microeletrónica assiste-se à evolução do conceito de manutenção, passando esta, a manutenção condicionada ou preditiva. Esta evolução foi fulcral no auxílio à prevenção de falhas uma vez que veio possibilitar o uso de aparelhos de medição de alta precisão capazes de monitorizar em tempo real o estado do equipamento, medindo os seus parâmetros de funcionamento, e conseguindo assim extrapolar o momento da sua falha, acrescentando valor ao conceito manutenção [50].

Esta viragem de pensamento, que corre até aos dias de hoje, levou à produção de produtos com uma maior qualidade, grande rentabilidade, segurança, tempo de vida superior e uma notável redução de custos operacionais. Surge então a necessidade de uma manutenção mais virada para o controlo do que para a intervenção. Esta é a terceira geração da “Evolução da Manutenção - Antever a Avaria”.

A figura 3.1 mostra de forma cronológica a evolução da Manutenção pelas três gerações referidas nos parágrafos anteriores, desde os anos 40 até aos dias de hoje.

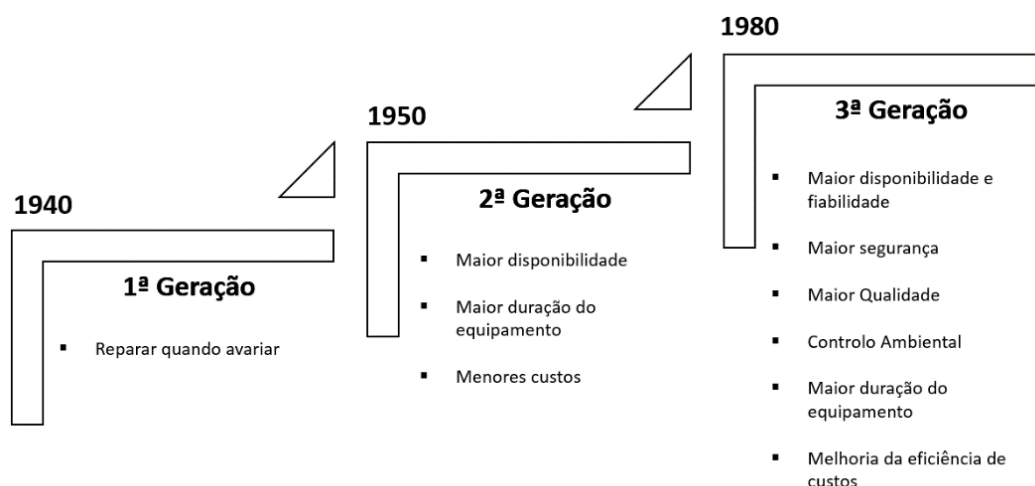


Figura 3.1 - Evolução da Manutenção (adaptado [51])

## 3.2 Definição de Manutenção

Na literatura é possível encontrar diversas definições de manutenção, cujas abordagens são estabelecidas de acordo com os objetivos que pretendem alcançar.

De uma forma geral, o princípio da manutenção baseia-se na prevenção e correção de falhas.

Uma vez que todos os equipamentos e infraestruturas estão, ao longo do seu tempo de vida e utilização, sujeitos a deterioração, é necessário tomar medidas de prevenção e/ou correção que possam garantir o funcionamento do equipamento na função para a qual foi concebido. A esta atividade dá-se o nome de Manutenção [52].

A palavra Manutenção surgiu do latim “*manenus tenere*”, que significa “manter o que se tem” [53].

Assim, a Manutenção pode ser definida como um conjunto de ações que têm por objetivo manter e restaurar o bom funcionamento do equipamento, e assim garantir o seu bom desempenho.

O termo “manter” refere-se a uma ação preventiva que inclui o conceito de monitorização e prevenção de um bem em condições normais e, por outro lado, o termo “restaurar” refere-se ao conceito de correção (melhoria) após a perda de função, isto é, centra-se na proteção.

Este conjunto de ações tratam a conservação, adequação, restauração, substituição e prevenção do equipamento.



A figura 3.2 mostra o organograma que sintetiza as principais ações desenvolvidas na manutenção.



Figura 3.2 - Organograma da Manutenção

Citam-se, de seguida, alguns exemplos de vários autores sobre a definição de manutenção:

- Para Monks (1987), “a manutenção é uma atividade que permite manter os equipamentos ou outros bens em condições de alcançar metas organizacionais definidas” [54].
- Para Tavares (1996), “a manutenção constitui todas as ações necessárias para que um item seja conservado ou restaurado, de modo a poder permanecer de acordo com uma condição especificada” [55].
- Segundo Cabral (1998), “manutenção corresponde ao conjunto de ações que asseguram o bom funcionamento das máquinas e das instalações, garantindo que estas sofrem intervenções no momento certo de forma a evitar avarias ou quebras no rendimento, e se tal acontecer, que sejam repostas nas melhores condições de operacionalidade, no menor tempo possível garantindo um custo total otimizado” [56].
- Para Pinto e Xavier (2001), “a manutenção deve garantir a disponibilidade da função dos equipamentos atendendo à produção, mas preservando o meio ambiente, com confiabilidade, segurança e custos adequados” [49].

Para se assistir a uma uniformização em termos do conceito de Manutenção, e por forma a facilitar o entendimento e a sua divulgação a nível internacional, foi criada a norma NP EN 13306, que inclui a definição de Manutenção, bem como toda a terminologia a ela associada.

Segundo a Norma Europeia EN 13306:2010, a Manutenção define-se como a combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão que, durante o ciclo de vida de um determinado componente, se destinam a mantê-lo ou a restaurá-lo para um estado onde possa executar a função requerida [57].

É certo que é possível encontrar vários autores que sugerem, na literatura, diversas definições para a Manutenção, porém uma abordagem que se destaca de todas as outras é a de Monchy (1987) que compara de uma forma pertinente a vida Humana com a vida de uma Máquina.

Esta comparação de A. François Monchy cria assim um paralelismo entre a saúde humana e a saúde das máquinas, em que, tal como o Homem tem um período de vida distinguido por fases, o mesmo acontece com a Máquina [58].

A vida humana consiste genericamente em nascer, viver e morrer e nas máquinas, podemos estabelecer esta mesma relação, já que são fabricadas (nascem), são postas ao serviço, (vivem) e são abatidas (morrem).

No que concerne à saúde humana, entre o nascimento e a morte, definem-se três fases distintas, desde o nascimento onde se verifica uma taxa relativamente baixa de doenças típicas da idade, à adolescência e a fase adulta, em as doenças se revelam aleatoriamente e até à fase geriátrica, onde se verifica uma tendência para o aumento das doenças.

Genericamente, o comportamento das máquinas é semelhante ao comportamento humano, uma vez que no início o aparecimento de avarias é diminuto, até que numa determinada idade as mesmas vão ocorrendo aleatoriamente. Ao se aproximar do fim do ciclo de vida útil, a tendência é para o aumento do número de avarias.

A figura 3.3 ilustra a analogia que existe entre a saúde humana e a saúde das máquinas, segundo A. François Monchy.

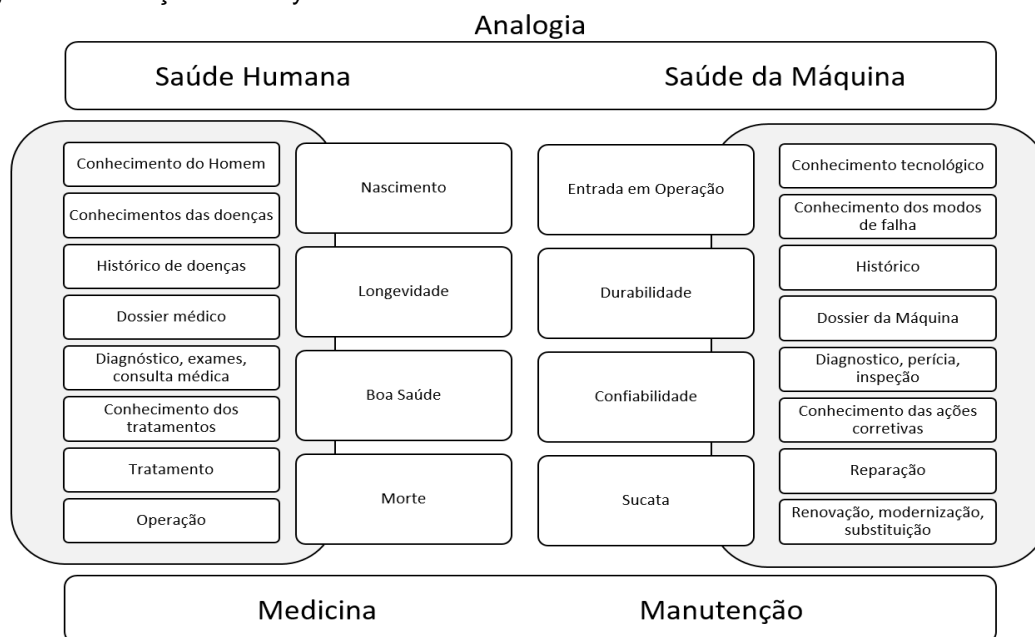


Figura 3.3 - Analogia entre a Saúde Humana e a Saúde da Máquina (adaptado [58])

Em suma, apesar das diversas definições existentes para a Manutenção, o seu objetivo e importância é comum a todas, nomeadamente no que diz respeito ao aumento da disponibilidade do equipamento, da sua qualidade, à diminuição de custos, ao aumento da segurança e à satisfação do cliente.

### 3.3 Tipos de Manutenção

Relativamente aos tipos de manutenção, pode-se dizer que não existe uma opinião consensual entre os vários autores.

Segundo Filipe Didelet e José Viegas, que definem a manutenção efetuada “antes de detetar a falha” como manutenção planeada e, por outro lado, a manutenção efetuada “depois de detetar a falha” como manutenção não planeada, acrescentando o conceito de manutenção corretiva.

Tendo isto presente, a Figura 3.4 tem esquematizada a visão de Filipe Didelet e José Viegas, onde é possível verificar os vários tipos de manutenção que podem ser executados.

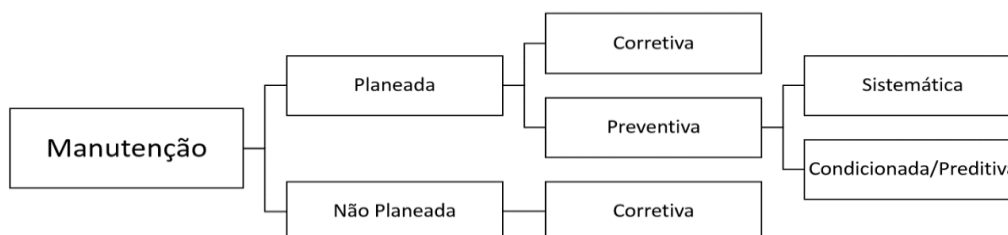


Figura 3.4 - Tipos de Manutenção (adaptado [59])

## **Manutenção Planeada**

A Manutenção planeada é feita quando um equipamento aparenta estar em degradação progressiva, devido ao seu tempo de vida útil, ou à sua excessiva utilização, assim é desencadeado o planeamento da ação de Manutenção no momento mais oportuno. Dentro desta “categoria”, existem dois tipos de manutenção que se podem fazer, Manutenção Planeada Preventiva e a Manutenção Planeada Corretiva.

### **a) -Manutenção Planeada Preventiva**

Tal como o próprio nome indica, a manutenção Planeada Preventiva tem por objetivo a prevenção de avarias em equipamentos. É planeada a periodicidade com que são executadas as intervenções, tendo em consideração o estado do equipamento e a sua necessidade de funcionamento.

Estas intervenções visam eliminar os riscos de avaria que possa levar à inoperação da máquina ou até mesmo ao seu fim de vida útil, ajudando assim a garantir uma maior longevidade do equipamento.

### **b) -Manutenção Planeada Sistemática e Manutenção Planeada Condicionada**

Na manutenção planeada existem duas subcategorias, a manutenção sistemática e outra a manutenção condicionada ou preditiva.

A manutenção sistemática, trata-se de uma manutenção periódica realizada a intervalos constantes, (tempo de calendário, horas de funcionamento, quilómetros percorridos, unidades produzidas, etc.). A manutenção condicionada é uma manutenção em que a decisão de intervenção é tomada apenas quando existem evidências de defeito iminente ou quando há aproximação de um patamar de degradação pré-determinado. Um exemplo bastante comum desta última, consiste na mudança de rolamentos em motores elétricos com base em parâmetros vibratórios medidos [60].

## **Manutenção Não Planeada**

Ao contrário da manutenção planeada, esta refere-se à manutenção dos equipamentos que não é previamente planeada. Esta manutenção é aplicada após a ocorrência de avaria no equipamento, muitas vezes devido à má avaliação ou supervisão do estado do mesmo, nomeadamente a não aplicação da devida lubrificação, componentes mal colocados ou folgados, excesso de horas de funcionamento, etc.

## **Manutenção Corretiva**

A manutenção corretiva trata-se de um conjunto de ações realizadas após a ocorrência de uma avaria em que incapacita o equipamento de desempenhar a função requerida.

A manutenção corretiva é também ela planeada ou não. É considerada manutenção corretiva planeada aquando da existência de uma falha ou avaria de um equipamento que pode ser rapidamente repostado por outro igual que haja em *stock*, ou quando o desgaste de um equipamento não interfira significativamente no desempenho da produção.

Quando a avaria implica a paragem da produção ou a diminuição drástica da qualidade do produto, em que é necessário uma intervenção imediata, estamos então perante uma ação de manutenção corretiva não planeada.

Embora existam diferentes nomenclaturas, o conceito deverá ser universal, pois só com os conceitos definidos é que é possível determinar o tipo de manutenção a aplicar.

De acordo com a norma EN 13306:2010, os diferentes tipos de manutenção podem ser enquadrados através de intervenções de carácter preventivo ou corretivo [57].

Como se pode observar na Figura 3.5, na norma portuguesa a manutenção é também subdividida em dois tipos, o antes de detetar a falha e o depois desta ser detetada.

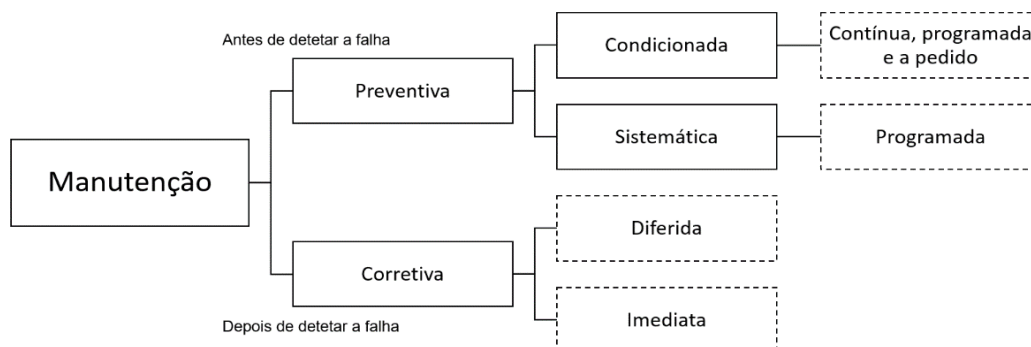


Figura 3.5 - Tipos de Manutenção segundo NP EN 13306 (adaptado [57])

Em relação à visão descrita anteriormente, existe uma diferença relativamente à classificação da manutenção corretiva. Segundo a norma EN 13306, a manutenção corretiva divide-se em dois tipos, nomeadamente, corretiva imediata e corretiva diferida.

Na manutenção corretiva imediata, esta é executada imediatamente após a deteção de uma falha para evitar consequências problemáticas e, por sua vez, a manutenção diferida, não implica atuar imediatamente após a deteção da falha, atrasando a intervenção de acordo com determinadas regras pré-definidas.

### 3.4 Importância da Manutenção e Conceito de Gestão da Manutenção

A manutenção no passado era considerada uma tarefa secundária, nada produtiva e dispendiosa, sendo normalmente dispensada em tempos de crise ou no caso de situações económicas difíceis. Com as exigências atuais, em que é necessário produzir bens ou serviços de qualidade, com continuidade e a preços competitivos, a manutenção assume extrema importância nos resultados de uma empresa ou equipamento, afirmando-se como uma necessidade absoluta.

Segundo Pinto (1994), “a extrema importância da manutenção pode ser analisada sobre três pontos de vista fundamentais, nomeadamente, o ponto de vista económico, legal e social” [61].

Do ponto de vista económico, a manutenção pretende maximizar o investimento feito em equipamentos e instalações com vista a obter o máximo rendimento destes, mantendo-os em funcionamento o máximo de tempo possível, isto é, prolongando ao máximo a sua vida útil.

Visa igualmente otimizar o aproveitamento dos recursos humanos e minimizar as interrupções no funcionamento, bem como o desperdício com material não conforme e o consumo de energia e fluidos.

Para além das questões económicas, a atividade da manutenção vai mais além, sendo que a sua prática também se encontra diretamente relacionada com questões legais.

Desse ponto de vista existem normas que intervêm decisivamente em questões como a qualidade, o meio ambiente, a utilização pública e, principalmente, a segurança, onde existe a obrigação de verificação periódica dos equipamentos que, de algum modo, têm impacto direto na segurança de pessoas e bens.

Deste modo a Manutenção tem como objetivo prevenir situações de insegurança como acidentes ou situações de transtorno como ruídos, vibrações, fumos ou cheiros, situações de poluição como emissões gasosas, descargas líquidas e resíduos sólidos [61].

Neste âmbito, apresentam-se algumas referências que estabelecem a nível nacional e europeu algumas das normas, requisitos e procedimentos para as boas práticas da manutenção:

- NP EN 13306:2010 – Terminologia da Manutenção
- NP EN 13460:2009 – Documentação para a Manutenção
- NP EN 15341:2009 – Indicadores de Desempenho da Manutenção
- NP 4483:2009 – Implementação de sistemas de gestão de manutenção
- NP 4492:2010 – Requisitos para a Prestação de Serviços de Manutenção

Do ponto de vista social, existem situações em que grupos de indivíduos são afetados pelo funcionamento dos equipamentos, quer seja por efeitos incómodos ou nocivos, em que muitas vezes esses grupos exercem pressões para a redução ou anulação daqueles efeitos. Em alguns casos não existe intervenção legal, mas para preservar a imagem da empresa é justificável a introdução de medidas de manutenção ajustadas [62].

Para além das razões económicas, legais e sociais, a manutenção assume extrema importância na melhoria da qualidade, estando diretamente relacionada com o aumento de produtividade e competitividade do equipamento ou serviço.

Os consumidores são cada vez mais exigentes e a crescente aplicação de normas comunitárias de qualidade requerem especial atenção para com a qualidade do produto final.

A manutenção pode, e deve, proporcionar melhorias na qualidade do produto final. As próprias ações de manutenção, que objetivamente servem para manter as boas condições de funcionamento dos equipamentos, influenciam a qualidade final do produto através da análise periódica de folgas e tolerâncias de mecanismos sujeitos a degradação. Asseguram assim o bom funcionamento dos equipamentos através da garantia de boa operação de mecanismos de controlo e, para que estas ações de controlo sejam rígidas, através da calibração de instrumentos de medida, permitindo serem efetuadas as medições necessárias com rigor e através da criação de boas condições ambientais por forma a que os equipamentos possam operar em ótimas condições [61].

Assim a manutenção em Portugal é uma atividade que labora dentro dos contornos normativos aplicados pelo Instituto Português da Qualidade (IPQ).

O IPQ, como Organismo Nacional de Normalização (ONN), é a entidade responsável pela coordenação do Sistema Português da Qualidade (SPQ), bem como de outros sistemas de qualificação regulamentar que lhe sejam conferidos por lei [7].

As normas de manutenção são estabelecidas pela Associação Portuguesa de Manutenção Industrial (APMI) na qualidade de Comissão Técnica de Normalização (CTN), supervisionada pelo IPQ [7].

Resumidamente, a Manutenção atua em diversos pontos-chave, nomeadamente no que diz respeito à qualidade, à disponibilidade, à segurança e ao custo que o equipamento ou serviço representa, recorrendo para isso a um diversificado conjunto de tarefas selecionadas e programadas.

Estas tarefas consistem, por exemplo, na lubrificação, limpeza, reparação, substituição, modificação, inspeção, calibração, revisão geral ou no controlo de condição, entre outros.

Na figura 3.6 estão representados os quatro principais pontos-chave de atuação da manutenção.

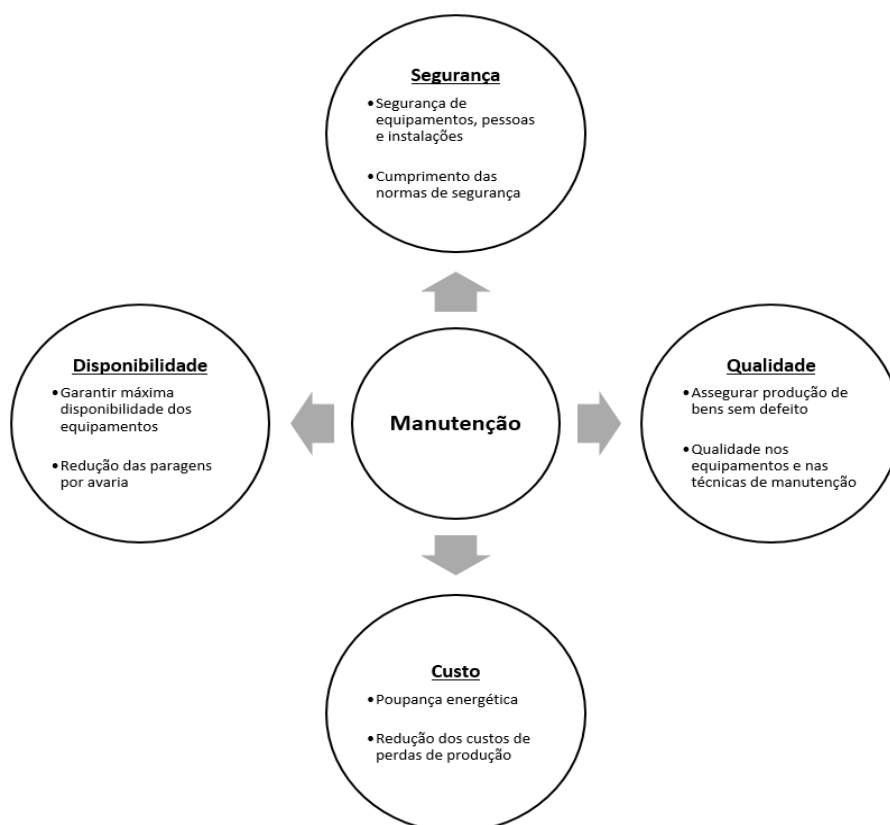


Figura 3.6 - Pontos de Atuação da Manutenção (adaptado de [63])

### ➤ **Conceito de Gestão da Manutenção**

A manutenção pode ser considerada como uma atividade de apoio à produção, na medida em que contribui para uma melhoria da operacionalidade do equipamento. No entanto é muitas vezes catalogada como um “mal necessário”, pois representa sempre determinado custo para a instituição, para além de obrigar à paragem do equipamento. Perante este cenário tornou-se essencial desenvolver estratégias de gestão de manutenção [63].

Segundo Kardec (2002), citado em Vinhas 2007, “uma gestão só será estratégica se a manutenção estiver direcionada para os resultados empresariais da organização. Este processo não pode ser apenas eficiente, também terá de ser eficaz, isto é, não basta reparar ou instalar o equipamento rapidamente se a sua operacionalidade não estiver garantida” [63].

Para Donas (2004), “a gestão da manutenção deverá incluir: compras, infraestrutura, planeamento, forma de atuação, dimensionamento de pessoal, engenharia de manutenção, indicadores, cadastro dos equipamentos e sistema de gestão da manutenção” [63].

De acordo com Cabral (2009), “a gestão da manutenção consiste num conjunto de ações postas em prática com o objetivo de descobrir e controlar o melhor nível de equilíbrio entre o custo e o benefício, maximizando o contributo da manutenção” [64].

Segundo a norma EN13306:2010, “a gestão da manutenção é definida como todas as atividades de gestão que determinam os objetivos, a estratégia e as responsabilidades respeitantes à manutenção e que os implementam por diversos meios tais como o planeamento, o controlo e supervisão da manutenção e a melhoria de métodos na organização, incluindo os aspetos económicos” [57].

Apesar da extensa bibliografia sobre este tema, já que engloba diversas áreas de atuação, o seu conceito é fundamentalmente o mesmo, assentando no planeamento de atividades.

Em suma, a gestão da manutenção é responsável por designar as melhores decisões para que seja possível a existência de uma boa manutenção em que os equipamentos são mantidos no nível correto de eficiência produtiva, tendo em conta o custo económico mais apropriado e reduzido possível.

### **3.5 Manutenção na Saúde**

Nas últimas décadas tem-se assistido a um processo de transformação e de inovação tecnológica sem precedentes na área da saúde. Anualmente surgem novas tecnologias que são adotadas pelos sistemas de saúde e integradas na prática clínica e, em muitos casos, sem avaliações adequadas a respeito da eficácia e da segurança das mesmas.

Todos esses avanços representam uma grande evolução no setor da saúde, e surgem sempre com o objetivo de promover em busca de uma melhor qualidade de vida. Contudo, a introdução indiscriminada, e o uso inadequado destas tecnologias, podem acarretar riscos à saúde dos pacientes e dos profissionais que operam os equipamentos, comprometendo assim a efetividade do sistema de saúde.

Neste contexto, o conceito de manutenção tem evoluído ao longo dos tempos a par do desenvolvimento tecnológico no sentido de aumentar o seu âmbito e diversificar as suas estratégias de intervenção.

Assim, com a introdução destas novas tecnologias, a manutenção tornou-se uma necessidade intrínseca à garantia da qualidade e segurança dos equipamentos nos serviços de saúde.

A manutenção é uma das áreas que mais depende dos conceitos de qualidade por forma a participar eficazmente no processo de melhoria contínua de qualquer instituição.

A implementação da qualidade na manutenção representa um elemento chave para cativar a confiança dos utilizadores de bens e serviços, para a garantia do cumprimento das normas e procedimentos e ainda para o incentivo ao processo de melhoria contínua [10], [11].

Na saúde, os hospitais destacam-se como um caso onde uma qualidade global de funcionamento só é conseguida se o fator manutenção estiver presente na maioria das suas atividades. A qualidade de uma intervenção cirúrgica está ligada aos meios humanos, mas também ao correto funcionamento dos equipamentos. Assim, o paciente está sempre dependente de meios técnicos e qualquer anomalia no funcionamento dos equipamentos pode acarretar graves consequências [15].

De facto, uma boa qualidade nos serviços hospitalares permite salvar vidas e reduzir em média a estadia do doente no hospital. Diminui igualmente o número médio de acidentes de trabalho, evitando-se assim constrangimentos legais e indemnizatórios. Um hospital não é seguro sem manutenção adequada e, neste contexto, não existe qualidade quando a segurança é descurada [65].

Embora praticamente todos os equipamentos exijam cuidados de manutenção, o planeamento e controlo das ações de manutenção têm diferentes níveis de criticidade, conforme o risco das instalações.

Nos hospitais, cujas instalações e os equipamentos são muito diversificados e complexos, a manutenção intervém em inúmeras áreas, exigindo uma boa coordenação entre todas para que a manutenção se processe da forma mais eficaz. Importa ainda referir que o cruzamento das funções da manutenção com os restantes serviços fornece dados de extrema importância à sua ação [5].

Apesar da manutenção poder representar elevados custos financeiros, é um ponto fundamental e um indicador de qualidade dos equipamentos, permitindo evitar acidentes graves que possam ditar diagnósticos incorretos de doença e, conseqüentemente, tratamentos inadequados quando, especialmente em ambiente hospitalar, onde não se toleram falhas referentes à falta de manutenção dos equipamentos.

Assim, as manutenções devem apresentar sobretudo resultados que compreendam não só a eficiência mas também a eficácia, ou seja, é necessário que para além da reparação do equipamento, este mantenha-se disponível pelo maior período de tempo possível.

A evolução no sector da saúde tem determinado um crescimento das exigências na manutenção hospitalar, evidenciando alguma carência relativamente à definição do seu âmbito e das suas competências.

Neste sentido verifica-se cada vez mais a necessidade dos serviços de instalações e equipamentos (SIE) gerirem a sua manutenção em parceria com os seus departamentos de qualidade, evoluindo-se assim no sentido da otimização de custos, sendo para tal necessário mudar a atual filosofia.

Assim, a aplicação de metodologias estratégicas, um bom planeamento e controlo orçamental e, fundamentalmente, um bom entendimento entre os SIE e as entidades com que se relacionam, são determinantes para atender às necessidades e aos objetivos da manutenção hospitalar.



## 4 Teoria de Resolução Inventiva de Problemas

Neste capítulo será efetuada uma abordagem ao surgimento da metodologia TRIZ, dando maior relevância aos seus níveis de Inovação, características e conceitos fundamentais e às suas ferramentas práticas. Aborda ainda a importância do contributo da inovação sistemática no domínio da Saúde e da Metrologia.

### 4.1 Introdução à Metodologia

---

*“TRIZ is a human-oriented knowledge-based systematic methodology of inventive problem solving” [66]*

---

A Teoria de Resolução Inventiva de Problemas mais conhecida pelo seu acrónimo TRIZ, é uma metodologia que foi desenvolvida durante os anos 40 pelo engenheiro e investigador, Genrich S. Altshuller (1926-1998) e seus colaboradores para a Marinha Soviética.

Esta metodologia é uma ferramenta de inovação utilizada na formulação e resolução de problemas, análise de sistemas, análise de falhas e padrões de evolução de sistemas.

Altshuller dedicou-se à análise de patentes nas diversas áreas, com o objetivo de encontrar opções mais eficazes e convincentes para a resolução de problemas como alternativa às já existentes. Através desta análise concluiu que grande parte destas patentes eram apenas melhorias de sistemas/produtos existentes e apenas uma reduzida percentagem era original ou, de certa forma, uma invenção, e por esse motivo os sistemas evoluíam de acordo com padrões [67] [68].

Apesar desta metodologia ter iniciado o seu desenvolvimento nos anos 40, sendo o primeiro tema sido divulgado em 1969, apenas no início dos anos 90 começou a ser divulgada fora da ex-União Soviética.

A metodologia TRIZ apenas ganhou visibilidade quando, em 1991, foi introduzida no meio científico e empresarial através da empresa americana *Invention Machine Corporation*, chegando mais tarde a ser utilizada por pequenas e médias empresas, na sua maioria localizadas no sudeste asiático e Japão [68] [69]. Na altura, e apesar de se tratar de uma metodologia fiável e coerente de inovação, algumas empresas de topo ignoraram este método.

Atualmente a sua utilização é crescente, visto que as organizações referem ser um trunfo que contribui para o aumento de produtividade e para a diminuição de custos, existindo cada vez mais trabalho de investigação sobre esta metodologia [70].

A metodologia é considerada como um conjunto de ferramentas, utilizadas para resolver problemas e colaborar na tomada de decisão mais acertada de uma forma inventiva e inovadora, sem recorrer ao método de tentativa e erro.

Para a aplicação desta metodologia é importante perceber, em primeira instância, de que forma o processo de resolução geral de problemas é composto. Existem dois grupos de problemas, aqueles cuja solução é conhecida, e que podem ser resolvidos facilmente através de informação encontrada, e aqueles cuja solução é desconhecida [71].

Assim, este processo tem início quando se identifica um problema, levando à identificação de problemas semelhantes por forma a que se encontre, quão brevemente possível, uma solução já desenvolvida por outra entidade. Quando se identifica essa solução aplicada anteriormente noutra situação, adapta-se a mesma para ao problema em concreto.

Na figura 4.1 é representado esquematicamente o processo de resolução geral de problemas.

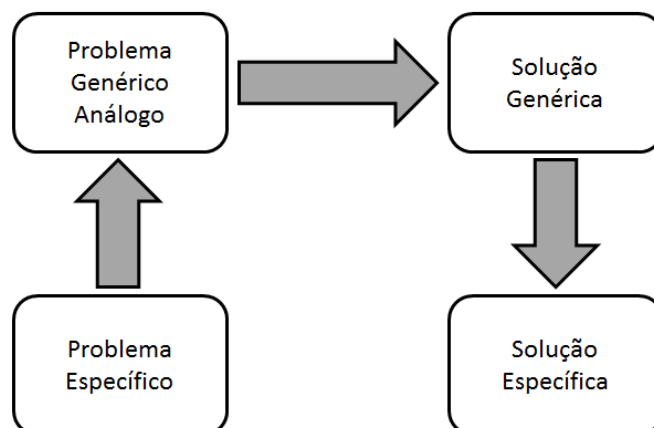


Figura 4.1 - Processo de Resolução Geral de Problemas (adaptado de [68] [71])

## 4.2 Níveis de Inovação da TRIZ

Sendo a inovação o tema da atualidade, é notório o crescimento da TRIZ nos últimos anos. É cada vez mais frequente encontrarmos artigos e trabalhos sobre a aplicação da TRIZ nos mais diversos domínios. Nas últimas décadas observou-se uma significativa evolução a par com a introdução de novas técnicas, serviços e produtos, tornando-se necessária a otimização de recursos por forma a cumprir as exigências impostas pelo desenvolvimento tecnológico.

É neste sentido que a metodologia TRIZ tem um papel fundamental, pois promove a inovação e a procura de novas soluções para os problemas existentes.

Como anteriormente referido, Genrich Altshuller analisou diversas patentes e averiguou ser necessário utilizar apenas alguns princípios de inovação para resolver a maior parte dos problemas. Como resultado deste estudo, Altshuller sistematizou as soluções descritas nas patentes e definiu 5 níveis inventivos [72]:

- **Nível 1:** Representa soluções de rotina utilizando métodos bem conhecidos na respetiva área da especialidade. O Nível 1 é o menos inovador e constitui cerca de 30% da totalidade dos processos evolutivos estudados por Altshuller.
- **Nível 2:** Representa pequenas correções em sistemas existentes, recorrendo a métodos conhecidos na indústria. Este nível constitui aproximadamente 45% da totalidade dos processos evolutivos estudados por Altshuller.
- **Nível 3:** Representa melhorias importantes que resolvem contradições em sistemas típicos de um dado ramo de atividade. Cerca de 20% do total das soluções enquadram-se neste nível. É neste que aparecem soluções criativas.
- **Nível 4:** Representa soluções baseadas na aplicação de novos princípios científicos. Os problemas são solucionados através da substituição da tecnologia original por uma nova. Cerca de 4% do total dos processos evolutivos podem ser classificadas como pertencentes a este nível.
- **Nível 5:** Representa soluções inovadoras baseadas em novas descobertas científicas. Este nível constitui menos de 1% da totalidade dos processos evolutivos estudados por Altshuller e é o que representa uma solução realmente inovadora.

Com esta categorização, Altshuller conseguiu demonstrar que das patentes analisadas 95% se encontravam baseadas em soluções já criadas e que apenas 5% das invenções estão enquadradas nos níveis 4 e 5, que correspondem às consideradas novas ou nunca exploradas. Assim, a metodologia pretende atuar essencialmente nos níveis 3 e 4 de forma a orientar na resolução de problemas que possam surgir nos projetos [72].

Estes níveis representam o tipo de melhorias baseadas na aplicação de conceitos e princípios existentes aplicados noutras áreas. As grandes áreas de investigação, onde recaem o maior número de inovações, são a mecânica, química, termodinâmica e eletromagnetismo, onde grande parte dos problemas já foram solucionados previamente noutras áreas, permitindo a esta metodologia a utilização da mesma solução em diferentes invenções, tornando o processo de inovação bastante mais rápido e eficiente.

### 4.3 Características da TRIZ

Segundo Semyon D. Savransky, esta metodologia é definida resumidamente por quatro características fundamentais. É considerada uma metodologia sistemática e baseada no conhecimento, é orientada para o ser humano e procura soluções inventivas para os problemas [66].

- **Conhecimento:**
  - As suas heurísticas para a resolução de problemas, têm por base um número significativo de patentes analisadas nos diversos campos da engenharia;
  - Utiliza conhecimento das ciências da natureza e da engenharia;
  - Utiliza conhecimentos referentes ao domínio do problema específico a ser solucionado;
- **Orientada ao ser humano:**
  - As heurísticas foram concebidas para uso humano e não computacional, pois o cérebro humano é mais adequado e eficaz na resolução de problemas conceptuais;
- **Sistemática:**
  - É composta por heurísticas e métodos estruturados para orientar a resolução de problemas;
  - Considera modelos de situações problemáticas, a solução e processo de solução são considerados sistemas;
- **Solução inventiva de problemas:**
  - Analisar e resolver problemas procurando soluções criativas e inovadoras;
  - Orientada para a resolução de uma classe específica de problemas, aquelas nos quais existem contradições;
  - É entendida como uma filosofia, ciência ou estudo de excelência.

## 4.4 Conceitos Fundamentais da TRIZ

Para entender a metodologia TRIZ é essencial o conhecimento e a compreensão profunda dos pressupostos e conceitos fundamentais associados, na qual esta metodologia se baseia. São estes, a contradição, a idealidade e os padrões de evolução.

Um dos conceitos mais importantes é o da idealidade que de uma forma analítica, que demonstra a evolução de um sistema. Outro conceito é o da contradição, parte essencial na resolução de problemas e, finalmente, os padrões de evolução, que refletem a tendência de desenvolvimento de um sistema.

- **Contradição:**

Na metodologia TRIZ, o problema técnico inventivo é definido por contradições. Estas contradições são indicadores dos problemas decorrentes da aparente incompatibilidade das características desejadas num sistema, e uma vez resolvidas, é ultrapassado o problema.

Existem dois grandes tipos de contradições, são elas as contradições técnicas e as contradições físicas [73]:

- **Contradição Técnica** – Ocorre aquando da tentativa de resolver um problema ou melhorar certos atributos ou funções de um dado sistema, acabando por tornar-se prejudicial e levando à deterioração de outros sistemas;
- **Contradição Física** – Ocorre quando existem requisitos inconsistentes e incompatíveis entre si para a condição física do mesmo sistema, ou seja, quando é necessária uma determinada propriedade e, ao mesmo tempo, existe uma outra oposta à anterior para o mesmo sistema.

- **Idealidade:**

A idealidade é um parâmetro que constitui precisamente um dos objetivos da metodologia TRIZ, onde a solução pretendida corresponde à solução ideal. A procura por soluções ideais passa pela eliminação de uma ou mais características prejudiciais ao sistema, ou até mesmo pela criação de características benéficas, tendo sempre por objetivo o melhoramento das funções do sistema já existentes e a criação de ideias inovadoras.

O princípio da idealidade avalia se a solução adotada é aceitável e verifica se esta se encontra próxima da solução ideal. Trata-se de um indicador da evolução do sistema que analisa, ao longo do tempo, se as funções tendem para uma maior simplicidade, fiabilidade e eficiência [66].

Este princípio é utilizado essencialmente como termo de comparação de soluções encontradas por forma a chegar à solução ideal, isto é, consiste na obtenção dos efeitos desejados com o uso do menor número de recursos possível.

O conceito da idealidade refere-se à evolução dos sistemas técnicos ao longo da sua vida útil, onde as funções se tornam cada vez mais fiáveis, simples e eficientes, ou seja, cada vez mais ideais pois, uma vez que se melhora um sistema técnico, este fica mais próximo do ideal [74].

Em suma, a idealidade de um processo ou sistema é a evolução por forma a que este fique mais eficiente, condição que representa o nível de idealidade ou seja, é definido pelo rácio entre as funções benéficas e as funções prejudiciais [66].

- **Padrões de Evolução:**

Como já referido anteriormente, Genrich Altshuller e os seus colaboradores, analisaram exaustivamente centenas de patentes. Através dessa análise constataram que os sistemas e processos possuíam algumas semelhanças no seu desenvolvimento, sendo que as patentes que possuíam um nível mais elevado de inovação eram aquelas com características que se repetiam frequentemente durante a evolução dos sistemas.

Assim é possível identificar um padrão do sistema atual onde se prevê como irá ocorrer o seu desenvolvimento, provocando um comportamento antecipado do futuro [75].

Essas características semelhantes identificadas, levaram a que Altshuller as classificasse em oito categorias a que chamou Padrões de Evolução, bastante úteis na resolução de problemas complexos, auxiliando na previsão de evolução dos sistemas e criando ou melhorando ferramentas para a resolução dos problemas inventivos.

São descritos os oito Padrões de Evolução formulados por Altshuller [76] [77]:

1. **Ciclo de Vida** – Corresponde à evolução de um sistema ao longo do tempo. Esta evolução é constituída por quatro estágios comuns a qualquer sistema. São eles o período de Introdução, o crescimento, a maturidade e por fim o ultimo estágio o declínio;
2. **Aumento da Dinâmica, Flexibilidade do Sistema** – Refere-se à transformação de um sistema rígido em flexível. Este aumento de flexibilidade e dinamização dos sistemas, exige um maior controlo dos mesmos;
3. **Transição de nível Macro a Micro** – Corresponde à alteração de dimensão de um sistema, tornando-o menor. Os sistemas tendem a evoluir de um nível macro para um nível micro e para tal, durante esta transição, são utilizados diferentes campos de energia com o objetivo de melhorar as características;
4. **Evolução em Direção à Idealidade Crescente** – Como referido anteriormente, a idealidade é obtida através da expressão matemática que consiste no rácio entre funções benéficas e funções prejudiciais. Para verificar um aumento da idealidade é necessário existir um aumento das funções benéficas e/ou diminuição das funções prejudiciais, para assim melhorar o sistema;
5. **Desenvolvimento Não Uniforme dos Elementos do Sistema** – Quando num sistema as características dos seus elementos não evoluem todas em simultâneo, desenvolvendo-se uns mais rapidamente que outros, cada elemento possui o seu próprio ciclo de vida;
6. **Aumento da Complexidade de um Sistema seguido de Simplificação** – Quando um sistema simples evolui e o leva a aumentar a complexidade das suas características, devido ao aumento das funções do mesmo. Após esta evolução o sistema é novamente simplificado. Este padrão é caracterizado pela repetição;
7. **Compatibilidades e Incompatibilidades de Elementos do Sistema** – Quando se pretende melhorar um sistema ou reduzir um efeito indesejado são analisadas as respetivas compatibilidades e incompatibilidades entre os elementos do sistema;
8. **Diminuição da Intervenção Humana** – Refere-se ao desenvolvimento de sistemas mais autónomos, isto é, sistemas capazes de atuarem por si ou com menor necessidade de intervenção humana. Isto permite uma maior liberdade para atividades intelectuais em que seja necessária a capacidade do cérebro humano.

## 4.5 Ferramentas Fundamentais da TRIZ

A metodologia TRIZ tem o propósito de melhoria, para tal recorre à utilização de ferramentas nas diversas etapas de resolução de problemas para que estas suportem o desenvolvimento com o intuito de encontrar uma solução para o problema.

Ao longo dos anos, Altshuller desenvolveu várias ferramentas e técnicas, entre as quais se destacam: Os 40 Princípios de Invenção e a Matriz de Contradições, Matriz de Idealidade, Análise Substância-Campo, Nove Janelas, o Algoritmo de Resolução Inventiva de Problemas – ARIZ, entre outros.

Estas ferramentas são muito úteis no desenvolvimento integral da metodologia TRIZ, mas para a sua aplicação é necessária a prévia identificação do problema, assim como o conhecimento de todos os aspetos associados a esse problema desde a situação atual até à solução pretendida para resolver o problema.

Serão explicadas em detalhe neste subcapítulo algumas das ferramentas mais utilizadas, nomeadamente os Princípios Inventivos e Matriz das Contradições, Análise Substância-Campo e Matriz da Idealidade.

### ▪ Princípios Inventivos e Matriz das Contradições

A Matriz das Contradições é uma das ferramentas da metodologia TRIZ de mais fácil entendimento, daí ser a ferramenta mais utilizada por quem recorre a esta metodologia para a resolução de problemas.

O estudo de patentes, realizado por Alshuller em 1946, levou à verificação de 1250 conflitos típicos de sistema e à identificação de 39 Parâmetros Técnicos (tabela 4.1) que definem as características a melhorar ou aquelas que apresentem um efeito negativo ao sistema.

Na tabela 4.1 encontram-se definidos os Parâmetros Técnicos segundo TRIZ, que devem ser tidos em conta para elaborar a Matriz das Contradições. No Anexo II, encontram-se definidos e claramente descritos.

Tabela 4.1 - Parâmetros Técnicos da Metodologia TRIZ (adaptado de [77])

Parâmetros Técnicos da TRIZ			
1	Peso (móvel)	21	Potência
2	Peso (imóvel)	22	Perda de Energia
3	Comprimento (móvel)	23	Perda de Massa
4	Comprimento (imóvel)	24	Perda de informação
5	Área (móvel)	25	Perda de tempo
6	Área (imóvel)	26	Quantidade de matéria
7	Volume (móvel)	27	Fiabilidade
8	Volume (imóvel)	28	Precisão de medição
9	Velocidade	29	Precisão de fabrico
10	Força	30	Fatores prejudiciais que atuam
11	Tensão, Pressão	31	Efeitos colaterais
12	Forma	32	Manufaturabilidade
13	Estabilidade do objeto	33	Conveniência de uso
14	Resistência	34	Reparabilidade
15	Durabilidade (móvel)	35	Adaptabilidade
16	Durabilidade (imóvel)	36	Complexidade do objeto
17	Temperatura	37	Complexidade no controlo
18	Clareza	38	Nível de Automação
19	Energia Dispensada (móvel)	39	Produtividade
20	Energia Dispensada (imóvel)		

A partir destes parâmetros Altshuller desenvolveu um conjunto de 40 princípios inventivos, para posteriormente aplicar na matriz de contradições.

Na tabela 4.2 encontram-se definidos os Princípios Inventivos segundo a Metodologia TRIZ que auxiliam na resolução das contradições identificadas na matriz. No Anexo III encontram-se, sucintamente descritos, os Princípios Inventivos.

Tabela 4.2 - Princípios Inventivos da TRIZ (adaptado de [77])

Princípios Inventivos da TRIZ			
1	Segmentação	21	Urgência
2	Extração	22	Conversão de prejuízo em proveito
3	Qualidade Local	23	Retroação
4	Assimetria	24	Mediação
5	Combinação	25	Auto-serviço
6	Universalidade	26	Imitação
7	Recorrência	27	Objeto económico com vida curta em vez de durável
8	Equilíbrio	28	Substituição do sistema mecânico
9	Neutralização Prévia	29	Utilização de sistemas pneumáticos ou hidráulicos
10	Ação Prévia	30	Películas flexíveis ou membrana fina
11	Amortecimento Prévio	31	Utilização de materiais porosos
12	Equipotência	32	Mudança de cor
13	Inversão	33	Homogeneidade
14	Esfericidade	34	Rejeição e regeneração de componentes
15	Dinamismo	35	Transformação do estado físico ou químico
16	Ação atenuada ou acentuada	36	Mudança de fase
17	Mudança para nova dimensão	37	Expansão térmica
18	Vibração mecânica	38	Utilização de oxidantes fortes
19	Ação periódica	39	Ambiente inerte
20	Ação continua	40	Materiais compósitos

Assim sendo a Matriz das Contradições é originalmente constituída por 39 parâmetros de engenharia (Tabela 4.1) e 40 princípios inventivos (Tabela 4.2) em que todos estes se cruzam, podendo ser todos utilizados ou excluídos apenas aqueles que não têm aplicação para o problema a ser solucionado.

O processo de consulta da Matriz das Contradições inicia-se com a identificação, nas linhas, de um ou mais parâmetros técnicos (ou de engenharia) a serem melhorados. De seguida, nas colunas, procede-se à identificação de um ou mais parâmetros técnicos prejudicados com a melhoria dos primeiros.

No cruzamento dos parâmetros a serem melhorados com os parâmetros afetados negativamente, surgem os princípios inventivos considerados mais úteis para a resolução da contradição em questão.

Caso algum destes parâmetros técnicos ou princípios inventivos não tenham qualquer relação com o nosso caso de estudo, podem ser excluídos da Matriz de Contradições.

### ▪ **Matriz de Idealidade**

A Matriz de Idealidade tem como objetivo primordial ajudar a identificar o tipo de interações que podem ocorrer entre os parâmetros técnicos pretendidos. Estas interações podem ser negativas (representadas pelo sinal "-"), positivas (representadas pelo sinal "+") ou simplesmente não existir.

Enquanto na Matriz das Contradições os parâmetros já se encontram pré-definidos, na Matriz de Idealidade os parâmetros não se encontram tabelados, sendo necessário serem estipulados por quem está a desenvolver o estudo.

Tal como referido anteriormente, o conceito da idealidade refere-se à evolução dos sistemas técnicos ao longo da sua vida útil, onde as funções se tornam cada vez mais fiáveis, simples e eficientes, ou seja, cada vez mais próximo do ideal. Em suma, uma vez melhorado, o sistema técnico aproxima-se do ideal [74].

A Matriz de Idealidade é um indicador da evolução do sistema que analisa, ao longo do tempo, se as funções tendem para uma maior simplicidade, fiabilidade e eficiência [66].

Uma vez que a Idealidade é definida como sendo o rácio entre as funções benéficas e as funções prejudiciais, quanto maior o número de funções benéficas, maior a idealidade do sistema.

Assim sendo, a necessidade de aumentar o número de funções benéficas e reduzir/eliminar o número de funções prejudiciais, permite que os sistemas se tornem mais eficientes, mais fiáveis, mais simples e com maior capacidade de resposta às necessidades.

Esta ferramenta torna-se fundamental e bastante vantajosa na manutenção dos sistemas existentes, tal como na criação de novos, pois o objetivo primordial é assegurar ou aumentar os níveis de eficiência decorrentes da melhoria contínua do processo.

Tendo como exemplo o caso de estudo de um fogão de campismo, é possível verificar na Matriz de Idealidade representada na tabela 4.3 quais os parâmetros que estão em detrimento de outros, isto é, quais os que apresentam prejuízo para outros, quais os que apresentam benefício e, por fim, os que não apresentam qualquer relação.

Desta forma, no cruzamento das linhas e colunas, é possível observar o número de interações benéficas (sinal positivo) e o número de interações prejudiciais (sinal negativo).

Tabela 4.3 - Matriz de Idealidade Exemplo Fogão de Campismo (adaptado de [72])

Parâmetros	1	2	3	4	5	6	7	8
1. Volume		+			-	-	-	
2. Peso	+				-	-	-	
3. Duração de funcionamento					+			
4. Nível de ruído								
5. Tempo necessário para ferver água	-	-	+				-	+
6. Capacidade do depósito de gás	-	-	+		+		+	+
7. Duração com a chama no máximo	-	-			-	-		-
8. Água a ferver/ unid. de gás	-	-			+	+	-	

Assim, por exemplo, para reduzir o parâmetro "peso" é necessário reduzir o seu volume, conduzindo por sua vez a uma redução da capacidade do depósito (sinal negativo) e, consequentemente, a uma duração mais limitada com a utilização da chama no máximo (sinal negativo).



Após a análise aos parâmetros definidos e às suas relações, é possível calcular o nível de idealidade da seguinte forma:

$$Idealidade = \frac{\sum Funções\ Benéficas}{\sum Funções\ Prejudiciais} = \frac{11}{19} = 0,579$$

Neste caso, e para aumentar o nível de idealidade, será necessário aumentar o número de interações benéficas e diminuir o número de interações prejudiciais, tentando aproximar o produto em estudo da prestação ideal [72].

#### ▪ **Análise Substância-Campo**

A Análise Substância-Campo (ASC), do inglês *SuField Analysis*, é uma ferramenta analítica da metodologia TRIZ extremamente útil para a identificação de problemas num sistema técnico e para a procura de soluções inovadoras para os problemas identificados.

Esta ferramenta permite modelar um sistema através de uma abordagem gráfica simples que, por sua vez, permite identificar problemas e encontrar soluções padronizadas que permitam uma melhoria do sistema em questão.

Os sistemas criados servem para responder às necessidades que surgem ao longo do tempo, podendo estes serem representados através de um triângulo substância-campo (como mostra a Figura 4.2), que contém duas substâncias (S1 e S2) e um campo (F), preenchendo assim todos os vértices [78].

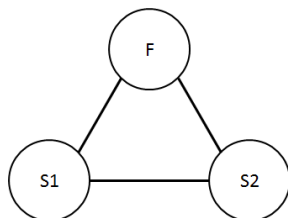


Figura 4.2 - Triângulo Substância-Campo de um Sistema Elementar

Estes são os três elementos indispensáveis à resolução de um determinado problema, porém, caso o sistema em estudo seja de cariz mais complexo, este é representado por vários triângulos “substancia-campo”.

As substâncias envolvidas (neste caso S1 e S2) podem ter uma natureza específica na forma de material, ferramenta, componente, pessoa ou ambiente, sendo que estas atuam entre si, interligadas pelo campo (F) que representa uma forma de energia. O campo é a energia necessária para permitir a interação entre essas substâncias, podendo ser nomeadamente mecânico, térmico, químico, elétrico ou magnético [72].







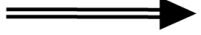

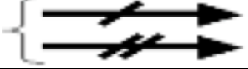
As substâncias interagem entre si, atuando em sobreposição. Estas interações podem fornecer benefícios ou danos e, por sua vez, as suas ligações podem ser boas, insuficientes, inexistentes ou prejudiciais.

Para construir os diagramas Substâncias-Campo, utiliza-se uma notação gráfica específica para representar as relações existentes entre as substâncias em análise (tabela 4.4).

Esta representação gráfica é composta por diferentes tipos de linhas, ou linhas inexistentes, de forma a identificar falhas/deficiências nos processos do sistema, demonstrando assim o que é certo e o que é errado.

A tabela 4.4 visa demonstrar a notação utilizada para representar as relações existentes entre as substâncias em análise.

Tabela 4.4 - Notação Gráfica da Análise Substância-Campo [79]

Símbolos	Significado
	Conexão (normal)
	Ação ou efeito desejado
	Inatividade
	Ação ou efeito desejado insuficiente
	Ação ou efeito prejudicial
	Quebra de conexão
	Operador de soluções
	Interação
	Várias ações

Uma vez concluída a construção do diagrama, ou seja, identificado o problema, será possível alterar, retirar ou adicionar campos ou substâncias. A ideia desta conceção é representar não apenas uma interação Substância-Campo mas sim representar continuamente o sistema, seguindo a mesma perspetiva.

Na aplicação desta ferramenta, e para a construção dos diagramas funcionais, são recomendadas as seguintes etapas [72]:

1. Identificação dos elementos disponíveis (recolha de informação)
2. Construção do diagrama de Substância-Campo;
3. Identificação da situação problemática;
4. Escolha de uma das opções genéricas (soluções standard);
5. Desenvolvimento de uma solução específica para o problema.

Associada à ferramenta Análise Substância-Campo, existem 76 soluções-padrão divididas em 5 classes que pretendem complementar e auxiliar a procura pela solução adequada após o processo de construção gráfica do sistema triangular descrito anteriormente.

A descrição das 5 classes das soluções-padrão encontram-se no Anexo I.

Tabela 4.5 - Classes Referentes às Soluções-Padrão [68]

Classe	Descrição	Nº de Soluções-Padrão
1	Construção e destruição de modelos Substância-Campo	13
2	Desenvolvimento de um sistema Substância-Campo	23
3	Alteração de um sistema base para um supersistema ou para um subsistema	6
4	Soluções-Padrão para detecção e medição	17
5	Introdução de substâncias ou campos dentro de um sistema técnico	17
<b>Total</b>		<b>76</b>

Estas 76 soluções-padrão podem ser sintetizadas/generalizadas em 7 Soluções Gerais, permitindo uma maior facilidade na aplicação da Análise Substância-Campo. O utilizador deve partir sempre do sistema incompleto, identificando as substâncias do problema e deverá, posteriormente, selecionar a solução geral e a função mais adequadas a aplicar. Deste modo atenuará ou até eliminará o problema, podendo gerar soluções criativas e inovadoras.

São apresentadas as sete soluções-gerais para a aplicação da análise Substância-Campo [72]:

- **Solução-Geral 1:** Complementar um modelo Substância-Campo que se encontre incompleto, como mostra a figura 4.3:

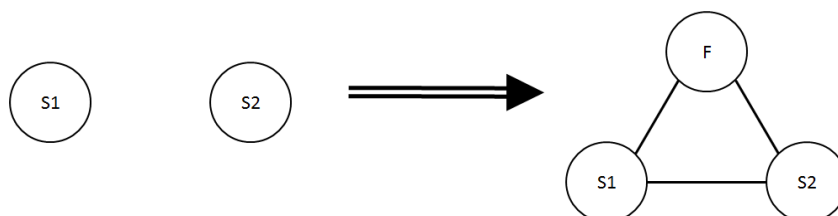


Figura 4.3 - Solução-Geral 1

- **Solução-Geral 2:** Modificar a Substância S1 para eliminar/reduzir o efeito negativo ou para produzir/melhorar o efeito positivo como ilustra a figura 4.4:

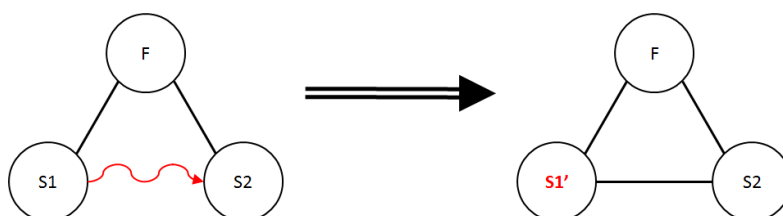


Figura 4.4 - Solução-Geral 2

É frequente encontrar interações que são prejudiciais ou indesejáveis. As alterações efetuadas sobre a substância 1 tem como objetivo evitar as interações anteriormente referidas.

- **Solução-Geral 3:** Modificar a Substância S2 para eliminar/reduzir o efeito negativo ou para produzir/melhorar o efeito positivo como apresenta a figura 4.5:

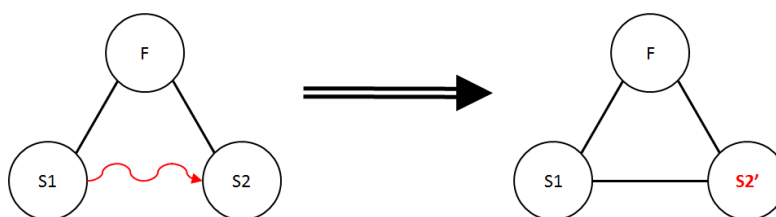


Figura 4.5 - Solução-Geral 3

Este tipo de solução é similar à solução-geral 2. Nesta interação é modificada a substância 2 de modo a que se torne menos suscetível a um impacto prejudicial. Esta mudança pode ser interna ou externa, temporária ou permanente.

- **Solução-Geral 4:** Modificar o campo F para eliminar/reduzir o efeito negativo ou para produzir/melhorar o efeito positivo, como está representado na figura 4.6:

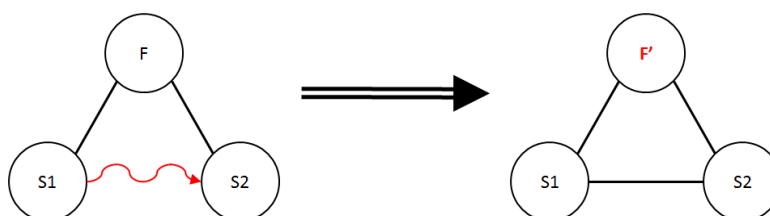


Figura 4.6 - Solução-Geral 4

Mantendo as substâncias, alterando somente o campo F, será uma opção válida para reduzir ou eliminar funções prejudiciais ao processo.

- **Solução-Geral 5:** Eliminar, neutralizar ou isolar o efeito negativo utilizando outro campo Fx que interage com o sistema técnico, como apresenta a figura 4.7:

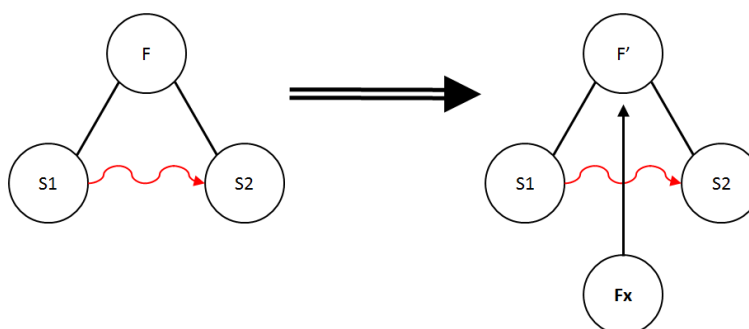


Figura 4.7 - Solução-Geral 5

As substâncias e o campo não sofrem qualquer tipo de alteração, simplesmente é utilizado um outro campo Fx que interaja com o sistema.

- **Solução-Geral 6:** Introduzir um novo campo F, neste caso positivo, o Fx+, como ilustra a figura 4.8:

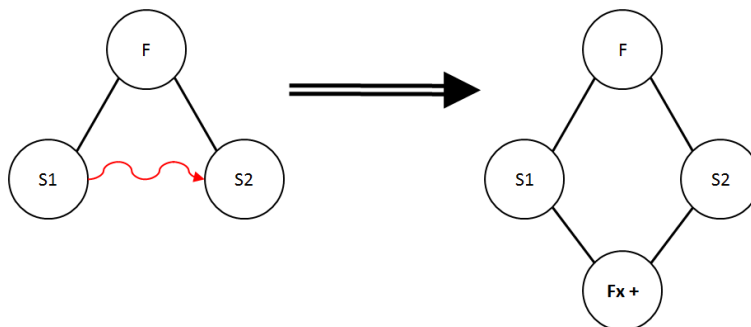


Figura 4.8 - Solução-Geral 6

Este tipo de solução é similar à solução-geral 5. Um novo campo positivo é introduzido para que interaja em simultâneo com os dois campos e as duas substâncias, com o intuito de melhorar e reduzir o efeito negativo existente no sistema, sem alterar os seus elementos.

- **Solução-Geral 7:** Expandir um modelo Substância-Campo existente para um novo sistema em cadeia, como se verifica pela figura 4.9:

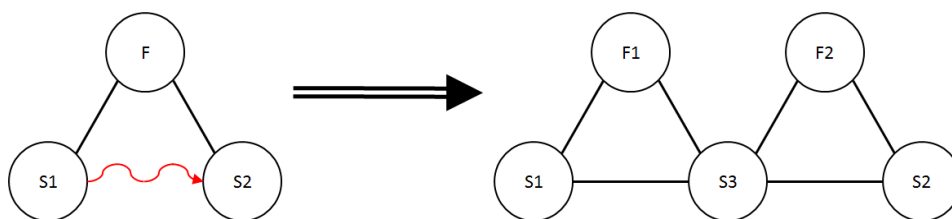


Figura 4.9 - Solução-Geral 7

O modelo Substância-Campo pode ser expandido para um sistema em cadeia. Este é concebido através da introdução de uma nova substância S3 no sistema e com a interação dos campos F1 e F2. Ao contrário de outros sistemas, existirá uma interação indireta de S2 sobre S1.

## 4.6 Inovação Sistemática Aplicada à Metrologia na Saúde

Numa sociedade globalizada, a inovação, a par do desenvolvimento, constituem pontos fundamentais para o crescimento sustentável de qualquer sector de atividade, sendo que o sector da saúde não é exceção.

O conceito de inovação surgiu no início do século passado em que era visto como um momento de inspiração ou de ocorrência descontínua e imprevisível mas, ao longo dos anos, essa teoria foi evoluindo passando a ser encarada como uma atividade planeada e gerida. Atualmente o conceito de inovação é abrangente, sendo utilizado nos mais diversos sectores de atividade da sociedade. A Inovação refere-se ao desenvolvimento de uma ideia, método ou objeto novo em qualquer atividade humana, constituindo um vetor de desenvolvimento humano e melhoria da qualidade de vida.

Embora o conceito inovação seja variado, independentemente da sua aplicação, a inovação é o veículo fundamental para o aumento da eficiência, melhoria da produtividade e rentabilidade nas áreas em que atua.

Neste contexto, a crescente competitividade e evolução tecnológica presente nos mercados torna a inovação uma necessidade, obrigando a que esta se torne sistemática. Para isso as ferramentas disponibilizadas pela metodologia TRIZ (Teoria de Resolução Inventiva de Problemas) são fundamentais para a procura de novas técnicas, abordagens ou metodologias capazes de combater a inércia mental e de despertar a criatividade.

Cada vez mais a inovação sistemática está a ser aplicada às mais diversas indústrias, com excelentes resultados. As abordagens únicas desta inovação estão a permitir importantes avanços na resolução de problemas insolucionáveis até à data, exemplo disso é o caso de estudo que aborda os atrasos na triagem do serviço de urgências de um hospital. Este é apenas um exemplo que aborda a ampla aplicabilidade da inovação estratégica e sistemática na área da saúde [80].

O estudo em questão analisou o sistema de triagem da grande rede de hospitais na área de Boston. Segundo Michael S. Slocum, autor do estudo, nessa rede existiam problemas e ineficiências que comprometiam a qualidade da assistência ao paciente, bem como a capacidade de resposta dos hospitais. Após a implementação de um sistema automatizado para o processo de verificação dos dados dos pacientes, o resultado foi o aumento da fluidez do atendimento e, conseqüente, a diminuição do tempo de espera. Porém, esta solução agravou a deteção de erros.

Para resolver a contradição técnica foi utilizada a matriz de contradição que, perante os parâmetros inventivos apresentados, sugeriu novos princípios inventivos que viriam a implicar a flexibilidade do sistema. Após alguns ajustes de parâmetros a nível da flexibilidade de horários do pessoal médico, foi possível obter uma solução para um novo processo de triagem mais eficaz, com um aumento da satisfação do paciente e uma maior confiabilidade no diagnóstico [80].

Os métodos e as ferramentas de inovação sistemática podem levar à identificação de inovações nas mais diversas áreas, mas estes mesmos métodos, como a TRIZ, podem também permitir o surgimento de soluções inventivas para os problemas já existentes, o que resulta em avanço/progresso, ainda que incremental.

Atualmente, o quadro regulamentar vigente na Europa e em Portugal no sector da saúde, exhibe algumas lacunas ao nível da metrologia, pelo que é possível a implementação da metodologia TRIZ no auxílio da elaboração de soluções onde a simples aplicação de “boas práticas” tradicionalmente utilizada não surte os efeitos desejados ou resultados assinaláveis na melhoria da qualidade dos serviços prestados [76].

Não obstante das diversas abordagens disponíveis para a melhoria da qualidade quer dos equipamentos quer dos serviços de saúde, a abordagem metrológica apresenta-se como uma alternativa metodológica de carácter inovador, uma vez que a sua implementação é ainda incipiente, atendendo à dificuldade de acesso à avaliação das condições de desempenho metrológico da generalidade dos equipamentos médicos de medição.

Atualmente, na área da saúde, existe um número significativo de parâmetros que são avaliados por instrumentos de medição. Uma vez que a grande maioria dos diagnósticos são fundamentados com base nos resultados destes equipamentos de medição, faz sentido que as soluções propostas permitam agilizar o processo de intervenção metrológica, reduzindo assim o erro associado às medições e aumentando a qualidade dos diagnósticos.

Paralelamente a estes efeitos positivos, são esperadas melhorias na produtividade e eficiência dos serviços de saúde, bem como uma redução de custos associados a estes equipamentos.

Neste sentido, é evidenciado o valor estratégico que a inovação sistemática representa no seio dos serviços de saúde, bem como a utilidade das ferramentas da metodologia TRIZ para a implementação de uma dinâmica de inovação sustentada, aplicada aos equipamentos e serviços de saúde na vertente metrológica.

## **5 Análise da Situação Atual das Atividades Metrológicas na Manutenção de Equipamentos Médicos em Portugal**

Neste capítulo é efetuada uma análise geral à situação atual da metrologia na saúde em Portugal, onde serão identificadas algumas das vulnerabilidades responsáveis pela penalização do desempenho das atividades metrológicas hospitalares.

É apresentado o estudo de caso, que consistiu no acompanhamento dos procedimentos correntes de verificação e avaliação de parâmetros metrológicos de equipamentos médicos, seguido de uma breve apresentação à instituição onde decorreu todo o processo de acompanhamento.

### **5.1 Análise dos Aspetos Metrológicos na Saúde em Portugal**

A prestação de cuidados de saúde em Portugal caracteriza-se pela coexistência de um Serviço Nacional de Saúde (SNS) e de subsistemas públicos e privados.

O Sistema de Saúde Português incorpora simultaneamente financiamento público e privado, sendo maioritariamente financiado pela tributação aos trabalhadores e empregadores nos subsistemas públicos, enquanto no privado o financiamento substancia-se por co-pagamentos e pagamentos diretos do utente [81].

O aumento da longevidade da população, e a utilização crescente de medicamentos e tecnologia, têm determinado um acréscimo nas despesas com a saúde, traduzindo-se numa fração cada vez maior do Produto Interno Bruto (PIB) Português.

Em 2015 a despesa corrente com a saúde aumentou 2,0 %, em valor, face ao ano anterior, atingindo os 15.887,7 M€, enquanto o PIB avançou 3,4 %, traduzindo um peso da despesa corrente no PIB de 8,9 % e a uma despesa corrente per-capita de 1.533,85 € [82].

Os serviços de cuidados curativos e reabilitação, e os equipamentos médicos disponibilizados a doentes não internados, constituem as despesas mais representativas quer nos prestadores privados, quer nos públicos.

Em Portugal, os gastos em equipamentos médicos atingem os mil milhões de euros, dos quais 700 M€ ficam a cargo do Serviço Nacional de Saúde (SNS) [83].

Dada a atual conjuntura económica, os cortes orçamentais aplicados à área da saúde conduziram a mudanças significativas no funcionamento dos serviços, com o objetivo de racionalizar a utilização dos recursos materiais e humanos [84].

Atualmente os estabelecimentos de prestação de cuidados de saúde estão sob uma pressão crescente para identificarem formas de contenção de despesas operacionais e, simultaneamente, corresponderem às crescentes exigências de qualidade e segurança do seu serviço [84].

Na sua generalidade estes estabelecimentos consideram que os custos de manutenção dos equipamentos médicos são demasiado elevados, muito devido ao elevado número de equipamentos existentes mas, também, atendendo ao seu elevado grau de sofisticação.

Apesar da manutenção representar elevados custos financeiros para as instituições de saúde, constitui um indicador da qualidade dos equipamentos.

A manutenção é uma das áreas que mais depende dos conceitos de qualidade por forma a participar eficazmente no processo de melhoria contínua de qualquer instituição.

Porém, atualmente, e considerando que todas as instituições de prestação de cuidados de saúde possuem os seus próprios departamentos de qualidade, a sua grande maioria não dispõe de uma gestão interna que se encarregue dos equipamentos médicos à luz das normas de qualidade.

Para a grande maioria destas instituições, a atual gestão hospitalar apenas trata dos equipamentos industriais presentes nas suas instalações, isto é, aqueles que são parte integrante do edifício, nomeadamente os sistemas AVAC, os AQS, entre outros, sendo que para os equipamentos médicos a sua gestão e manutenção é subcontratada a entidades externas (os próprios fabricantes dos equipamentos médicos, fornecedores, empresas do ramo), o que constitui uma despesa representativa.

Neste sentido, verifica-se cada vez mais a necessidade dos SIE gerirem a manutenção destes equipamentos médicos em parceria com os seus departamentos de qualidade, evoluindo-se assim no sentido da otimização de custos, sendo para tal necessário mudar a atual filosofia.

Para além de uma gestão pouco focada nos equipamentos médicos, constata-se que as manutenções realizadas a estes equipamentos são pouco adequadas.

Neste contexto, a grande maioria, senão mesmo todos os estabelecimentos de prestação de cuidados de saúde em Portugal, seguem exaustivamente as recomendações dos fabricantes dos equipamentos relativamente à manutenção preventiva, independentemente do estado em que este se encontra. Isto leva frequentemente a realização de manutenções desnecessárias, ou excessivas, já que o foco se encontra apenas na mitigação do risco operacional. Para além do desperdício de recursos, o tempo gasto a efetuar manutenção desnecessária faz com que os estabelecimentos incorram em despesas desnecessárias [85].

É certo que devido ao risco inerente ao ambiente hospitalar, pode ser difícil aceitar o desenvolvimento de políticas de manutenção que não aquelas que são recomendadas pelos fabricantes, porém, e tendo em conta o atual panorama económico, com uma crescente pressão no corte de despesas na saúde, não se deverá continuar a optar pelo caminho fácil, aplicando cegamente as recomendações dos fabricantes acerca dos intervalos de manutenção. Estes intervalos são desenvolvidos tendo em conta uma estratégia de mitigação do risco do ponto de vista legal e na eventualidade de ocorrência do pior cenário possível, levando muitas vezes à manutenção em excesso [86] [87].

Para além disto, constata-se que a legislação metrológica vigente em Portugal é insuficiente, sendo que na grande maioria dos estabelecimentos de prestação de cuidados de saúde é verificada a ausência, ou prática quase inexistente, de procedimentos rigorosos visando o controlo metrológico em equipamentos médicos com funções de medição, à exceção dos instrumentos de medição de radiações ionizantes e dos instrumentos de pesagem não automática.

Tais situações, põem em causa a veracidade dos resultados de medição obtidos por estes equipamentos cujo controlo metrológico é pouco ou nenhum, comprometendo o seu desempenho, a segurança de utentes e profissionais de saúde, o processo de diagnóstico e/ou o tratamento e consequentemente, agravando o orçamento destes estabelecimentos.

Tendo em consideração o panorama atual da saúde em Portugal, é evidenciada a falta de uma abordagem metrológica no controlo dos equipamentos, que resulta numa inadequabilidade destes instrumentos ao uso.

Verifica-se que, na sua generalidade, não é tida em conta a localização e o tipo de utilização dos equipamentos inseridos nos planos de manutenção preventiva, sendo aplicada a mesma metodologia a todos os equipamentos da mesma tipologia.

Assim sendo tornam-se evidentes prejuízos inerentes aos pacientes e estabelecimentos de prestação de serviços de saúde devido à duplicação de exames de diagnóstico, à aquisição desnecessária de novos equipamentos ou outro tipo de custos indiretos revertidos em desperdício [10].



Por fim, para terminar esta análise acerca da situação atual da metrologia na saúde em Portugal, que teve o intuito de identificar algumas das vulnerabilidades responsáveis por influenciar negativamente o desempenho das atividades metrológicas hospitalares em Portugal, resta referir um último ponto crítico acerca dessa realidade.

Em algumas situações existem dúvidas por parte dos profissionais de saúde sobre a utilização de determinado equipamento, o que origina em alguns casos o uso incorreto e o aumento da probabilidade de acidentes.

A par de alguma falta de formação para uma correta utilização dos equipamentos médicos, assiste-se igualmente a alguma falta de atitude proactiva em relação aos conhecimentos e procedimentos metrológicos. Isto traduz-se numa inerente falta de capacidade, ou dificuldade, em interpretar a validade dos resultados das medições efetuadas por esses equipamentos, o que conduz a diagnósticos erróneos, pedidos de reparação desnecessários e consequentemente, a custos acrescidos [88].

Apesar das últimas décadas terem sido favoráveis ao desenvolvimento do sector da saúde, este encontra-se ainda muito aquém da situação ideal quando comparado com outros sectores de atividade, e assim, neste contexto, o futuro torna inevitável a aplicação de abordagens metrológicas para o desenvolvimento deste sector.

## 5.2 Estudo de Caso

### 5.2.1 Hospital de Santa Maria

No âmbito desta dissertação, e com o intuito de aprofundar o tema que tem por base, foi possível o acompanhamento de ações de calibração e ensaio a equipamentos médicos numa reputada instituição de prestação de cuidados de saúde cuja marca é, unanimemente, reconhecida a nível nacional e internacional pela sua confiança e credibilidade, o hospital de Santa Maria em Lisboa, (vd. Figura 5.1).



Figura 5.1 - Hospital de Santa Maria, Lisboa [89]

O Hospital de Santa Maria (HSM) é um hospital universitário que integra desde 2008 o Centro Hospitalar Lisboa Norte (CHLN) que, por sua vez, pertence ao Serviço Nacional de Saúde (SNS).

O Centro Hospitalar Lisboa Norte (CHLN) foi criado a 01 de março de 2008, pelo Decreto-Lei no 23/2008 de 8 de fevereiro, e resulta da fusão dos Hospitais de Santa Maria, EPE (HSM), e Pulido Valente, EPE (HPV), que naturalmente fundiram os seus patrimónios [90].

O HSM é o hospital universitário com maior volume assistencial na Região de Lisboa e Vale do Tejo, quer em urgência quer em atividade programada, sendo referência para muitos doentes com patologias complexas ou raras.

É responsável pela prestação direta de cuidados de saúde a uma população de 373 mil habitantes. Para além destes, para os quais é instituição de referência direta, abrangendo as áreas dos Centros de Saúde de Alvalade, Benfica, Loures, Lumiar, Odivelas e Pontinha, a instituição recebe doentes de todas as zonas do País e do estrangeiro, constituindo-se como referência indireta de toda a zona sul do País e as Regiões Autónomas dos Açores e Madeira [82].

Encontra-se localizado na Cidade Universitária, na atual freguesia de Alvalade, em Lisboa e no seu perímetro, que apresenta uma área de 22,4 hectares, integra as instalações de outras duas instituições, a Faculdade de Medicina da Universidade de Lisboa (FMUL) e o Instituto de Medicina Molecular (IMM)), derivando estas três organizações no Centro Académico de Medicina de Lisboa (CAML), através de um protocolo de ação e entendimento assinado a 8 de dezembro de 2008, [91] [89].

A história do Hospital de Santa Maria remonta a 1934, aquando da aprovação do Decreto-Lei relativo à criação da comissão administrativa dos novos edifícios universitários. Esta comissão seria então responsável pelos edifícios que iriam albergar os hospitais escolares, tanto em Lisboa como no Porto. O então Hospital Escolar de Lisboa foi concebido pelo alemão Hermann Distel em 1938 e a sua construção iniciada em 1940, no Campo Grande.

A obra foi concluída em 1953, tendo sido na altura considerada uma das maiores realizações de sempre do Estado Português. [92].

No decurso das obras foi publicado um decreto-lei que integrou todos os hospitais no então Ministério do Interior, o que levou a que o Hospital Escolar de Lisboa, inicialmente sob a tutela única do Ministério da Educação, passasse a Hospital de Santa Maria, tutelado por dois diferentes ministérios (Ministério do Interior e Ministério da Educação) [91].

A inauguração solene do edifício ocorreu a 27 de abril de 1953, sendo que, em outubro do mesmo ano, deu-se abertura ao novo ano letivo da Faculdade de Medicina da Universidade de Lisboa já nas novas instalações do hospital [91] [89].

Em 1968 deu-se início à construção dos edifícios da escola de enfermagem nos terrenos do Hospital de Santa Maria, obra financiada pela Fundação Calouste Gulbenkian. Os trabalhos foram concluídos em 1972, tendo a então Escola de Enfermagem do Hospital de Santa Maria sido transferida para os novos edifícios, ao mesmo tempo que passava a ser designada Escola de Enfermagem de Calouste Gulbenkian, atualmente designada Escola Superior de Enfermagem de Lisboa [92].

Com uma lotação média de 1099 camas, uma taxa de ocupação de 81,3 % e uma demora média de 8,2 dias, o CHLN tratou 38.651 doentes em 2014, menos 11,8 % do que no ano anterior [90].

No final do ano de 2013, o CHLN contava com 6.064 efetivos, menos 248 do que no período homólogo. Atualmente no Hospital de Santa Maria exercem funções 2.722 clínicos [93].

### **5.2.2 Análise das Atividades Metrológicas nos Equipamentos Médicos do Hospital de Santa Maria**

A importância de se garantir a qualidade das medições como suporte determinante à decisão clínica, e o respetivo impacto que as mesmas possam ter nos cuidados de saúde, começa com uma boa gestão ou racionalização da utilização dos recursos materiais e humanos existentes.

Neste contexto, a gestão de equipamentos médicos é um ponto fundamental para garantia dessa qualidade na prestação de cuidados de saúde. Um hospital que disponha deste tipo de gestão evidencia diversos benefícios que poderão ser diretos ou indiretos, nomeadamente a redução de custos, o aumento da operacionalidade ou da taxa de disponibilidade dos equipamentos e, por outro lado, a diminuição do número de hospitalizações ou a diminuição da sua duração como benefícios indiretos.

O hospital de Santa Maria, enquanto referência a nível nacional e internacional na prestação de cuidados de saúde, privilegia a qualidade e segurança dos atos clínicos que pratica, e tem efetuado um esforço no sentido de melhorar significativamente a qualidade da gestão dos seus equipamentos médicos no âmbito metrológico.

A par dos notórios esforços realizados nesse sentido, constata-se ainda alguma dificuldade na comunicação entre os departamentos responsáveis pela qualidade e os serviços que operacionalizam as tarefas. A inexistência de uma estrutura interna no hospital que faça a gestão dos equipamentos médicos, e outra que operacionalize essas decisões, é um fator penalizador já que representa custos acrescidos devido à subcontratação de entidades externas para o efeito.

Neste sentido, o hospital de Santa Maria identificou essa necessidade, tendo iniciado a implementação de uma metodologia de gestão e manutenção mais adequada e focada nos equipamentos médicos através do recurso a processos de confirmação metrológica dos seus equipamentos.

No enquadramento desta dissertação, surgiu a oportunidade de acompanhar ações de verificação de parâmetros metrológicos de equipamentos médicos no Hospital de Santa Maria em Lisboa, sendo que o intuito primordial, aproveitando o primeiro contacto com a área da saúde, foi o de aumentar as competências do autor na área da metrologia dos equipamentos médicos, tendo em atenção a importância extrema do seu desempenho na morbilidade e mortalidade dos pacientes.

De uma forma geral, todas as unidades hospitalares têm um serviço interno responsável pela gestão e manutenção dos seus equipamentos. Ainda assim, e devido à complexidade e especificidade de alguns equipamentos, é necessária a contratação de empresas habilitadas e certificadas para a realização destes serviços, como é o caso do Labmetro, o laboratório de metrologia do Instituto de Soldadura e Qualidade (ISQ) [94] [95].

#### **➤ Equipamentos Analisados**

Para um bom desempenho dos equipamentos médicos, é necessário garantir que estes operam dentro dos parâmetros definidos pelos fabricantes e dentro dos critérios de aceitação estabelecidos. Neste sentido as ações de calibração periódicas são fundamentais para a identificação e avaliação qualitativa destes equipamentos segundo os requisitos, possibilitando assim a deteção de eventuais defeitos de funcionamento que coloquem em risco os utilizadores.

Neste contexto o Labmetro, no domínio da saúde, presta serviços de metrologia (calibrações, ensaios e verificações) no Hospital de Santa Maria de acordo com os requisitos e exigências legais dos equipamentos, inserindo-os numa cadeia de rastreabilidade [95].

Como referido anteriormente, no decorrer da redação desta dissertação foi possibilitado o acompanhamento das referidas ações de avaliação de qualidade dos equipamentos médicos existentes no Hospital de Santa Maria.

Atualmente o hospital conta com diversos equipamentos afetos a contratos de calibração/ensaio, num total de 556 unidades. A listagem destes equipamentos encontra-se ordenada por tipologia, marca e modelo e pode ser consultada no anexo IV.

A tabela 5.1 apresenta o número de equipamentos agrupados por tipologia existentes atualmente em contrato de verificação de parâmetros metrológicos no âmbito do plano de manutenção preventiva.

Tabela 5.1 - Tabela Síntese dos Equipamentos Existentes no HSM por Tipologia

Quantidade	Tipologia/Descrição do Equipamento
123	Desfibriladores
92	Instrumentos de Pesagem
101	Monitores de Sinais Vitais
67	Oxímetros de Pulso
115	Sistemas Frio/Preservação
58	Outros
556	Total

Devido à enorme diversidade de equipamentos, tornou-se imperioso centrar a análise em apenas alguns, de forma a aprofundar os conhecimentos e as tecnologias que lhes estão subjacentes. Esta escolha de equipamentos foi efetuada por forma a obedecer aos seguintes critérios:

- Relevância tecnológica;
- Relevância metrológica;
- Elevado nível de utilização na atividade normal do hospital;
- Importância na atividade de prestação de cuidados de saúde;
- Consequências das suas falhas de severidade elevada

Assim o acompanhamento dos objetos de estudos selecionados foi uma pequena amostra representativa dos equipamentos utilizados na prática clínica comum, onde são abordados os aspetos relativos à calibração e ensaio daqueles que foram selecionados.

Dos equipamentos selecionados fazem parte dois instrumentos de pesagem, e três equipamentos de suporte de vida (monitor de sinais vitais, oxímetro e desfibrilador).

Nos pontos seguintes é descrito, de forma sintetizada, o acompanhamento das ações de calibração e ensaio efetuados para os equipamentos selecionados. Estes casos de estudo têm por objetivo demonstrar de que forma estas ações se processam e a sua importância para o bom desempenho do equipamento e a confiabilidade metrológica dos seus resultados.

#### ▪ **Desfibrilador**

A calibração de equipamentos de suporte de vida cumpre os procedimentos e requisitos gerais para a segurança de base e para o desempenho essencial dos equipamentos médicos elétricos, baseados nas normas IEC 60601 e nas normas específicas para cada tipo de equipamento.

Um dos equipamentos de suporte de vida analisados foi o desfibrilhador *S&W Cardio-Aid MC* (Figura 5.2), cuja principal função é reverter um quadro de fibrilação ventricular, ou seja, restabelecer ou reorganizar o ritmo cardíaco. Por este motivo é classificado como dispositivo médico de alto risco ou classe III.

Esta reversão dá-se mediante a aplicação de descargas elétricas no coração do paciente, que se encontra dessincronizado, de modo a permitir uma contração coordenada. Em regra, o coração deverá ser capaz de bater sincronizadamente após a desfibrilação elétrica.



Figura 5.2 - Desfibrilhador *S&W Cardio-Aid MC*

Existem vários tipos de desfibriladores, os internos, que são implantados cirurgicamente no peito ou no abdômen do paciente, e os desfibriladores externos, em que a sua utilização é feita através de duas placas (ou pás), que são posicionadas em contato com a superfície do tórax do paciente, de forma que a descarga atinja o coração. Importa referir que, no caso de estudo, o desfibrilhador utilizado para a avaliação dos parâmetros metrológicos foi um desfibrilhador externo.

Na superfície dessas placas é necessário ser aplicado um gel com o objetivo de otimizar a condução da corrente elétrica e evitar qualquer tipo de queimadura. Os pulsos de tensão aplicados têm amplitudes entre 2 kV a 7 kV, sendo a sua duração típica compreendida entre 3 ms a 10 ms. A energia é selecionada pelo operador e varia de 5 J a 360 J de acordo com tamanho, peso e idade do indivíduo.

As ações de calibração dos desfibriladores tem uma periodicidade anual. Este processo é extremamente importante para garantir a rastreabilidade das medições, para a prevenção de eventuais defeitos e para o aumento da confiança nos resultados medidos, sendo necessário que estas ações ocorram dentro do prazo previsto.

A verificação de um desfibrilhador é iniciada com uma análise do estado de todo o equipamento, tendo em atenção os possíveis danos que possam provocar o funcionamento incorreto do equipamento.

No que se refere a ações de calibração diretamente relacionadas com as funções deste equipamento, são iniciadas com os testes relativos à medição de energia.

Assim, com o auxílio do equipamento padrão para desfibriladores, *Fluke Biomedical Impulse 7000 DP Defibrillator and Transcutaneous Pacer Analyzer*, são iniciados testes relativos à medição de ECG. É escolhido o “modo de monitorização” e é realizado o teste de precisão de ECG, que consiste na medição do ritmo cardíaco. Esta medição pode ser feita através das pás do desfibrilhador ou através de elétrodos, dependendo do desfibrilhador.

Com este equipamento padrão, ilustrado na Figura 5.3, é possível medir a energia armazenada e a energia entregue, em joules, através da simulação do corpo humano por uma resistência elétrica, sendo igualmente possível medir o tempo de sincronismo, a tensão elétrica, a corrente de pico, a geração de sinais de ECG e o tempo de recarga entre disparos consecutivos. A rastreabilidade destes parâmetros (energia, tempo e frequência) é assegurada pelo fabricante neste caso a *Fluke*, Holanda.

A Figura 5.3 ilustra o equipamento padrão utilizado para a verificação dos parâmetros metroológicos do desfibrilador em estudo.



Figura 5.3 - Equipamento Padrão - *Fluke Biomedical Defibrillator Analyser*

Este ensaio é realizado para quatro valores referência de Batimentos por minuto (BPM), nomeadamente 30 BPM, 60 BPM, 120 BPM e 180 BPM. O equipamento padrão simula estes valores de batimentos por minuto que posteriormente são comparados com os valores apresentados pelo equipamento de desfibrilação, sendo então calculado o erro.

A tabela 5.2 apresenta os dados do relatório de ensaio nº EECH24/16 do laboratório de Metrologia do ISQ para a medição do ritmo cardíaco. A primeira coluna representa os valores de Batimentos por Minuto medidos pelo desfibrilador e a segunda coluna representa os valores de referência previamente selecionados no equipamento padrão.

Na terceira coluna está representado o erro associado a cada medição, sendo que este é definido pela diferença entre o valor medido pelo equipamento e o valor de referência dado pelo equipamento padrão. A quarta, e última coluna, representa a incerteza expandida que, segundo o VIM, consiste no produto duma incerteza combinada por um fator  $K$  maior do que um. O valor do fator  $K$  é escolhido com base no nível de confiança requerido para o intervalo, de acordo com a distribuição normal.

Neste caso, a incerteza expandida apresentada, está expressa pela incerteza-padrão multiplicada pelo fator de expansão  $K = 2$ , o qual, para uma distribuição normal, corresponde a uma probabilidade de, aproximadamente, 95 %. A incerteza foi calculada de acordo com o documento Europeu de Acreditação EA-4/16, que indica os procedimentos, metodologias e terminologias a seguir pelo laboratório, de forma a efetuar o cálculo ou estimativa das incertezas nos ensaios [96].

Tabela 5.2 - Dados do Ritmo Cardíaco ECG no Desfibrilador

Valor do Equipamento (BPM)	Valor de Referência (BPM)	Erro (BPM)	Incerteza Expandida (BPM)
30	30	0	1
60	60	0	1
120	120	0	2
180	180	0	3

Após confirmada a medição correta dos valores de ECG, é necessário testar o controlo da energia transferida para o paciente. Para este teste é selecionado o “modo de desfibrilador” e, escolhendo o valor da energia desejado no equipamento, ou nas pás, efetuam-se descargas para os diferentes valores da gama do equipamento de 5 J a 360 J.

Na tabela 5.3 são apresentados os dados do relatório de ensaio nº EECH24/16, do laboratório de Metrologia do ISQ, relativos a energia libertada pelo desfibrilador. A primeira coluna representa os valores de energia selecionados no desfibrilador, enquanto a segunda coluna representa os valores referência de energia libertada medidos pelo equipamento padrão.

A terceira coluna representa o erro associado a cada medição de energia e consiste na diferença entre o valor do equipamento e o valor de referência. A última coluna apresenta a incerteza admissível segundo a norma aplicável a estes equipamentos (vd. Tabela 5.3).

Tabela 5.3 - Dados da Energia de Desfibrilação a 50 ohms

Valor do Equipamento (J)	Valor de Referência (J)	Erro (J)	Especificação IEC60601-2-4 (J)
5	4,6	0,4	± 3,0
10	9,6	0,4	± 3,0
50	48,6	1,4	± 7,5
100	98,4	1,6	± 15,0
200	198,6	1,4	± 30,0
300	294,4	5,6	± 45,0
360	350,0	10,0	± 54,0

Para este equipamento cumpra os requisitos deste ensaio, é necessário que o erro calculado para cada valor de energia libertada, não ultrapasse os valores especificados pela norma IEC60601-2-4, [97].

De seguida o mesmo teste deverá ser repetido, agora de forma sincronizada, ou seja, o instante em que é aplicado o choque depende da pulsação detetada pelos elétrodos ou pás do equipamento. Para o efeito, é selecionado o “modo sincronizado” e definida a energia desejada no equipamento ou nas pás. O tempo decorrido entre a deteção de onda pelo desfibrilador e a aplicação do pulso é denominado por tempo de sincronismo. Para este ensaio são selecionados três valores de energia no equipamento 50 J, 100 J e 360 J e são medidos os tempos, que segundo as especificações da norma IEC60601-2-4, terão que ser inferiores a 60 ms.

Na tabela 5.4 são demonstrados os dados do relatório de ensaio nº EECH24/16 do laboratório de Metrologia do ISQ obtidos para desfibrilador em estudo.

Tabela 5.4 - Dados de Sincronismo da Desfibrilação

Valor do Equipamento (J)	Valor de Referência (ms)	Especificação IEC60601-2-4 (ms)	Incerteza expandida (ms)
50	32	< 60	2
100	53	< 60	2
360	54	< 60	2

Para testar o estado do condensador de carga do desfibrilador, é efetuada a medição do tempo de carga. Para tal são efetuadas várias descargas a 50 J, 100 J e 360 J através de um “modo de suspensão”, ou seja, após efetuar a ação de carga é contabilizado o tempo em segundos até se proceder a uma nova ação de choque (ou descarga), sendo que esse valor não deve ultrapassar os 15 s. Se o resultado verificado for este, o condensador de carga encontra-se em bom estado, não sendo necessária a sua substituição.

Na tabela 5.5 são demonstrados os dados do relatório de ensaio nº EECH24/16 do laboratório de Metrologia do ISQ relativos aos tempos de carga na desfibrilação.

Tabela 5.5 - Dados de Tempo de Carga de Desfibrilação

Valor do Equipamento (J)	Valor de Referência (s)	Incerteza expandida (s)	Especificação IEC60601-2-4 (s)
50	2,3	0,6	---
100	2,7	0,6	---
360	6,1	0,6	< 15,0

Para testar o estado das baterias são efetuadas, de modo sequencial e apenas com a utilização das baterias, 10 descargas à carga máxima do equipamento (normalmente 360 J).



Na última descarga é necessário verificar que o valor medido de tensão não ultrapassa 15 % de tolerância do valor máximo.

Nos desfibriladores os componentes mais críticos são as baterias e o circuito de alta-tensão (condensador de carga, cabos de aplicação e pás), sendo por esse motivo fundamental que estes estejam permanentemente ligados à alimentação, evitando-se assim a descarga total e consequente danificação das baterias, mas, essencialmente, garante-se que o desfibrilador possa estar sempre disponível para utilização, já que se trata de um equipamento que é necessário utilizar numa situação de emergência e sem planeamento prévio.

Resumidamente os parâmetros a ser avaliados nas ações de calibração baseiam-se na medição da energia, tempo de carga e sincronismo. Assim, a lista de verificações com os procedimentos apropriados é composta pelos seguintes pontos:

- Exatidão ECG (para 4 valores diferentes);
- Controlo de energia (De 5 J a 360 J);
- Sincronismo (para 3 valores diferentes);
- Tempo de Carga (para 3 valores);
- Repetição de Carga: (10 repetições);
- Resistência de Terra ( $\Omega$ );
- Corrente de Fuga ( $\mu A$ );
- Bateria (V)

#### ▪ **Monitor de Sinais Vitais**

Os monitores de sinais vitais são equipamentos destinados à monitorização contínua e simultânea de diversos parâmetros fisiológicos de um paciente, seja em internamento ou até mesmo durante uma cirurgia, gerando valores gráficos e numéricos dos parâmetros monitorizados. Estes possuem um sistema de alarmes que acionam quando ocorre alguma situação fora dos limites desejados. A monitorização contínua é uma ferramenta fundamental, uma vez que permite avaliar de forma completa e contínua as condições fisiológicas do paciente, permitindo assim melhores decisões de tratamento e diagnóstico.

No Hospital de Santa Maria existem diversas marcas e modelos de monitores de sinais vitais em utilização, encontrando-se atualmente afetos a contratos de avaliação de qualidade 102 equipamentos, em que a marca/modelo mais comum é o *Critikon Dinamap 8100* (vd. Figura 5.4).

Na Figura 5.4 é ilustrado um dos monitores de sinais vitais selecionado para a verificação dos parâmetros metrológicos.



Figura 5.4 - Monitor de Sinais Vitais - *Critikon Dinamap 8100*

A calibração periódica é fundamental para garantir o bom funcionamento de qualquer equipamento médico. No caso dos monitores de sinais vitais, a calibração da pressão não invasiva, o teste de fuga de pressão da braçadeira, a sincronização de ECG e outras verificações de segurança devem ser efetuadas pelo menos uma vez a cada dois anos ou com outra periodicidade, de acordo com as leis vigentes.



A verificação dos monitores de sinais vitais é realizada através de um equipamento padrão, neste caso o *Fluke Biomedical BP Pump 2 Non-Invasive Simulator Blood Pressure Monitor Analyser* (vd. Figura 5.5). Para a medição dos parâmetros de pressão e ritmo cardíaco, este equipamento encontra-se rastreado pelo Laboratório de Metrologia do ISQ.

Este equipamento é capaz de simular várias condições como a respiração, temperatura, pressões invasivas, entre outras. As medições do monitor de sinais vitais são posteriormente comparadas com o equipamento padrão.



Figura 5.5 - Equipamento Padrão - *Fluke Blood Pressure Monitor Analyser*

Para o procedimento de verificação da pressão não invasiva é necessário montar um sistema em que é indispensável a utilização de um manómetro de referência, um módulo de pressão não invasiva, válvulas conectores, tubos e um gerador de pressão. A montagem é feita através da conexão do equipamento de pressão padrão a partir de tubos e conectores, e posteriormente, a insuflação de ar. Inicia-se o ensaio com o aumento da pressão desde 10 mmHg a 300 mmHg.

São atribuídos valores referência para a pressão sistólica e diastólica através do equipamento padrão que posteriormente são comparados com os valores apresentados pelo monitor de sinais vitais. É calculado o erro para as diversas medições, sendo que estas devem cumprir a especificação de  $\pm 5$  mmHg, segundo a norma IEC60601-2-30, [98].

Na tabela 5.6 são demonstrados os dados do relatório de ensaio nº EECH77/16, do laboratório de Metrologia do ISQ, referentes aos valores de pressão não invasiva a 80 BPM do monitor de sinais vitais analisado.

Tabela 5.6 - Dados de Pressão não Invasiva a 80 BPM no Monitor de Sinais Vitais

Valor de Referência (mmHg)		Valor do Equipamento (mmHg)		Erro (mmHg)		Incerteza Expandida (mmHg)	Especificação IEC60601-2-30
Sistólica	Diastólica	Sistólica	Diastólica	Sistólica	Diastólica		
202	150	203	151	1	1	2,6	$\pm 5$
152	100	154	101	2	1	2,6	$\pm 5$
125	79	125	80	0	1	2,6	$\pm 5$
105	65	107	67	2	2	2,6	$\pm 5$
85	50	88	48	3	-2	2,4	$\pm 5$
66	29	64	29	-2	0	2,4	$\pm 5$

De seguida é efetuado o teste de medição do ritmo cardíaco, sendo definidos 4 valores de referência, nomeadamente 45 BPM, 80 BPM, 120 BPM e 160 BPM no equipamento padrão, que serão posteriormente comparados com os valores apresentados pelo monitor de sinais vitais.

Na tabela 5.7 estão apresentados os dados do relatório de ensaio nº EECH77/16, do laboratório de Metrologia do ISQ, para a medição do ritmo cardíaco a 120/80 mmHg no monitor de sinais vitais analisado.

Tabela 5.7 - Dados do Ritmo Cardíaco a 120/80 mmHg no Monitor de Sinais Vitais

Valor de Referência (BPM)	Valor do Equipamento (BPM)	Erro (BPM)	Incerteza Expandida (BPM)
45	44	-1	1,3
80	80	0	1,5
120	119	-1	1,3
160	160	0	1,3

Para o teste de fuga de pressão da braçadeira é programado no equipamento padrão uma pressão de 160 mmHg e determinado o valor da taxa de fuga, valor este que segundo a norma EN 1060-3 deve ser inferior a 6mmHg/min.

Na tabela 5.8 estão apresentados os dados do relatório de ensaio nº EECH77/16, do laboratório de Metrologia do ISQ, referentes à taxa de fuga de pressão da braçadeira no monitor de sinais vitais.

Tabela 5.8 - Dados do Teste de Fuga de Pressão no Monitor de Sinais Vitais

Valor Programado (mmHg)	Taxa de fuga medida (mmHg/min)	Incerteza Expandida (mmHg/min)	Especificação EN1060-3 (mmHg/min)
160	3,6	1,0	≤ 6

De forma sintetizada, a calibração dos monitores de sinais vitais passam pela medição, verificação e avaliação dos seguintes parâmetros:

- Medição da pressão sistólica e diastólica;
- Medição da frequência / ritmo cardíaco;
- Teste da fuga de pressão da braçadeira.

#### ▪ **Oxímetro de Pulso**

O oxímetro de pulso (vd. Figura 5.6), é um equipamento médico elétrico não-invasivo que mede indiretamente a saturação de oxigênio no sangue do paciente. Em geral, é anexado a um monitor onde é possível verificar a oxigenação em relação ao tempo bem como a frequência cardíaca.



Figura 5.6 - Exemplos de Oxímetros de Pulso

O funcionamento do oxímetro tem por base a emissão de luz através de um led vermelho e de um infravermelho com comprimento de onda de 660 nm e 910 nm, respetivamente.

Este par de pequenos díodos emite luz frente a foto-díodos, através de uma parte do corpo do paciente que seja translúcida, como a ponta dos dedos ou lóbulo da orelha.

A razão entre a quantidade de luz vermelha e infravermelha que chega ao foto-sensor determina o nível de oxigenação no sangue, pois a absorção desses comprimentos de onda difere significativamente entre a oxiemoglobina e sua forma desoxigenada, sendo possível desta forma determinar a taxa de concentração a partir dessa absorção.

Para proceder ao ensaio da verificação do nível de saturação de oxigénio no sangue (SpO<sub>2</sub>) é igualmente necessário um equipamento padrão (vd. Figura 5.7).

Este simulador contém uma extremidade semelhante a um dedo onde existe um sensor do oxímetro em teste. Este dedo artificial contém um grau de opacidade e de pulsação mecânica de acordo com o nível de saturação e a frequência cardíaca definidas.

Na figura 5.7 está representado o equipamento padrão simulador do nível de saturação de oxigénio, o *Fluke Biomedical Index 2 SPO2 Simulator*.



Figura 5.7 - Equipamento Padrão - *Fluke Biomedical Index 2 SPO2 Simulator*

Para o ensaio são definidos valores referência que posteriormente são comparados com os valores lidos no oxímetro a ensaiar.

Um fator importante a considerar é que os oxímetros asseguram geralmente medidas abaixo de 65 %, sendo que os valores de verificação se iniciam nos 70 %. A maioria dos oxímetros tem um tempo de estabilização entre 4 segundos e 12 segundos.

Nos oxímetros foram igualmente efetuados ensaios de bateria e segurança elétrica porém, para este equipamento, não foi possível apresentar os dados referentes às atividades metrológicas efetuadas uma vez que estes não se encontravam disponíveis à data da escrita da dissertação.

#### ▪ **Ensaio Segurança Elétrica**

Para além dos ensaios de avaliação das características de desempenho específicas de cada equipamento, fazem parte das ações de calibração a realização de ensaios de segurança elétrica de acordo com as normas IEC aplicáveis.

Os equipamentos usados como auxiliares de diagnóstico são constituídos por sistemas integrados, na sua maioria totalmente eletrónicos ou eletromecânicos, existindo por isso a necessidade de serem alimentados pela rede elétrica, com todos os riscos que daí advêm.

Torna-se por isso necessário assegurar não só as características técnicas de funcionamento específicas de cada tipo de equipamento, como também recorrer a ensaios de segurança elétrica por forma a despistar qualquer possível risco elétrico [99].

Neste contexto o uso de um equipamento padrão de segurança elétrica é necessário para analisar a segurança de equipamentos cujo consumo de corrente elétrica não seja superior a 10 amperes.

O equipamento padrão utilizado foi o *Fluke Biomedical ESA612 Electric Safety Analyser*, este é rastreado pelo Laboratório de Calibração em Metrologia Eletrofísica do ISQ (vd. Figura 5.8).



Figura 5.8 - Equipamento Padrão - *Fluke Biomedical Electric Safety Analyser*

É capaz de efetuar medições de corrente de fuga, resistência de terra, corrente auxiliar e simular ainda a geração de sinais ECG.

A corrente de fuga é entendida como um fluxo de corrente indesejada, ou anormal, no respetivo circuito elétrico do equipamento devido a uma fuga que é provocada por um caminho anormal de baixa impedância, daí ser fundamental verificar se esta se encontra dentro dos parâmetros aceitáveis.

Quanto à corrente auxiliar, corresponde à que atravessa o paciente e circula através dele em utilização normal, não se destinando a produzir um efeito fisiológico.

Pela norma IEC 62353:2008 o valor máximo admitido para a resistência de terra nos equipamentos hospitalares é de 100  $\Omega$ , enquanto o valor máximo admitido da corrente de fuga para a terra nos equipamentos hospitalares, salvo indicação contrária do fabricante, é de 20  $\mu A$ , [100].

#### ▪ **Instrumentos de Pesagem**

Os instrumentos de pesagem, normalmente denominados por balanças, são instrumentos de medição do domínio de metrologia da massa. A sua utilização marca presença nas mais variadas áreas da nossa sociedade, desde laboratórios a pequenos comércios.

A calibração de instrumentos de pesagem segue um procedimento harmonizado que é iniciado com a preparação do equipamento, seguindo-se dos ensaios de linearidade, de repetibilidade e por fim, do ensaio de excentricidade.

Na figura 5.9, é ilustrada uma balança de precisão, do serviço de Imuno-Hemoterapia do Hospital de Santa Maria, selecionada para a realização dos ensaios.



Figura 5.9 - Balança de Precisão - *Kern 440-47N*

Antes de qualquer ação é feita a preparação do equipamento, onde deverão ser seguidas as instruções de utilização dadas pelo fabricante, nomeadamente quanto à limpeza, nivelamento, estabilização e operação do instrumento de pesagem, pois o não cumprimento destes requisitos poderá por em causa a veracidade das medições.

A calibração deve ser realizada no local de trabalho habitual do equipamento, respeitando as instruções do fabricante, normalmente em mesas próprias, longe de fontes de calor, luz solar direta e correntes de ar.

Após a preparação do equipamento segue-se o ensaio de linearidade ou ensaio de cargas crescentes onde, por defeito, deverão ser escolhidas pelo menos 5 cargas, regularmente distribuídas ao longo da gama de trabalho, cobrindo o alcance mínimo e máximo do equipamento. São efetuadas medições para cada carga colocada no prato de pesagem, sendo posteriormente calculados os respetivos erros. Para que este instrumento de pesagem cumpra com os requisitos, os erros calculados não devem exceder os erros máximos admissíveis.

Na tabela 5.9 estão apresentados os dados do certificado de calibração nº CMAS1838/16, do laboratório de Metrologia do ISQ, relativos ao ensaio de linearidade. A primeira coluna representa os valores de referência correspondentes às diferentes cargas padrão adicionadas e a segunda coluna representa os valores indicados pelo instrumento de pesagem.

Por sua vez a terceira coluna representa o erro associado a cada medição, sendo que este é definido através da diferença entre o valor medido pelo equipamento e o valor de referência dado pelo equipamento padrão. A quarta e última coluna representa a incerteza expandida que, segundo o VIM, consiste no produto duma incerteza combinada por um fator  $K > 1$ . O valor do fator  $K$  é definido com base no nível de confiança requerido para o intervalo, de acordo com a distribuição normal.

Neste caso, a incerteza expandida apresentada está expressa pela incerteza-padrão multiplicada pelo fator de expansão  $K = 2$ , o qual, para uma distribuição normal, corresponde a uma probabilidade de, aproximadamente, 95 %. A incerteza foi calculada de acordo com o documento Europeu de Acreditação EA-4/02, que indica os procedimentos, metodologias e terminologias a seguir pelo laboratório de forma a efetuar o cálculo ou estimativa das incertezas nos ensaios [101].

Tabela 5.9 - Dados do Ensaio de Linearidade para a Balança Kern 440-47N

Valor de Referência (g)	Valor do Equipamento (g)	Erro (g)	Incerteza Expandida (g)
10,0	10,0	0,0	0,082
50,0	50,0	0,0	0,082
100,0	100,0	0,0	0,082
200,0	200,0	0,0	0,082
500,0	500,0	0,0	0,082
700,0	700,0	0,0	0,082
1000,0	1000,0	0,0	0,082
1500,0	1500,0	0,0	0,082
2000,0	2000,0	0,0	0,083

O Ensaio de Repetibilidade do equipamento de pesagem, consistiu na colocação de uma carga padrão de 2000 g no centro do prato de pesagem, registando o valor obtido pelo equipamento e repetindo novamente o procedimento para os restantes ensaios.

Na tabela 5.10 são apresentados os dados do certificado de calibração nº CMAS1838/16, do laboratório de Metrologia do ISQ, referentes ao ensaio de repetibilidade para o instrumento de pesagem Kern440-47N.

Tabela 5.10 - Dados do Ensaio de Repetibilidade para a Balança Kern 440-47N

Valor de Referência (g)	Valor do Equipamento					Desvio-Padrão (g)
	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Ensaio 4	Ensaio 5	
2000	2000,0	2000,0	2000,0	2000,0	2000,0	0,00

As cargas padrão usadas devem estar de acordo com os requisitos da OIML R-76 ou EN45501 para classe da balança, ou pelo menos devem ter características metrológicas semelhantes aquelas com que a melhor incerteza foi calculada [102].

Neste caso a Figura 5.10 ilustra que o conjunto de cargas padrão utilizadas foram as LM49 de classe E1.



Figura 5.10 - Cargas Padrão LM49 Classe E1

Para o ensaio de excentricidade, é colocada uma carga de ensaio de valor igual a 1/3 do alcance máximo do equipamento em cinco pontos do recetor de carga, devendo o centro de gravidade da carga estar o mais próximo possível das posições indicadas na Figura 5.11.

Esta divisão por sectores, e localização dos pontos excêntricos, deverá ser executada de acordo com indicado na OIML R-76 ou EN 45501.

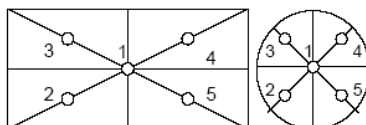


Figura 5.11 - Posições de Cargas para Teste de Excentricidade

Este ensaio tem como objetivo verificar as diferenças de valores medidos existentes nas extremidades do prato da balança em relação ao centro desta.

Para cada localização da carga de ensaio são efetuadas medições e determinadas as diferenças entre as indicações dadas em cada posição excêntrica e indicação dada no centro.

Na tabela 5.11 são apresentados os dados do certificado de calibração nº CMAS1838/16, do laboratório de Metrologia do ISQ, referentes ao ensaio de Excentricidade do instrumento de pesagem Kern440-47N.

Tabela 5.11 - Dados do Ensaio de Excentricidade para a Balança Kern 440-47N

Valor de Referência (g)	Valor do Equipamento				
	Posição 1	Posição 2	Posição 3	Posição 4	Posição 5
1000	1000,0	1000,0	999,9	1000,0	1000,1

Por fim, o último instrumento de pesagem analisado foi a Balança Seca 707 do serviço do serviço de Imuno-Hemoterapia. Para este instrumento de pesagem o procedimento de calibração é muito semelhante ao referido anteriormente, sendo que a única diferença se encontra nos valores das cargas a adicionar.

Na Figura 5.12 é demonstrada uma balança de coluna, SECA 707 do serviço de Imuno-Hemoterapia do Hospital de Santa Maria.



Figura 5.12 - Balança de Coluna - Seca 707

Para o ensaio de linearidade, procede-se á adição sucessiva, e de forma crescente, de cargas padrão até ao máximo de 150 kg. Para a realização dos ensaios são utilizadas massas-padrão LM76 e LM72 de classe E2 rastreadas pelo IPQ (vd. Figura 5.13).



Figura 5.13 - Carga Padrão LM76 Classe E2

Para cada valor de carga adicionada são realizados 3 ensaios, sendo posteriormente registados os respetivos valor obtidos. Com este ensaio é testada também a repetibilidade do equipamento de pesagem, embora neste tipo de balança este parâmetro seja desnecessário.

Quanto ao ensaio de excentricidade, este não é aplicável atendendo a que o nível de resolução destes instrumentos de pesagem é reduzido. Relativamente aos intervalos de calibração, poderão ser anuais ou semestrais, e deverão ser ajustados a partir da análise do historial do instrumento.

Na tabela 5.12 estão apresentados os dados do certificado de calibração nº CMAS2061/16, do laboratório de Metrologia do ISQ, relativos ao ensaio de linearidade para o instrumento de pesagem Seca 707.

Tabela 5.12 - Dados do Ensaio de Linearidade para a Balança Seca 707

Valor de Referência (kg)	Valor do Equipamento (kg)	Erro (kg)	Incerteza Expandida (kg)
10,0	10,0	0,0	0,082
20,0	20,2	0,2	0,082
30,0	30,3	0,3	0,082
40,0	40,4	0,4	0,082
50,0	50,5	0,5	0,082
60,0	60,6	0,6	0,082
80,0	80,9	0,9	0,082
100,0	101,0	1,0	0,082
120,0	121,5	1,5	0,082
150,0	151,5	1,5	0,082

Um processo de calibração é concluído com a emissão do respetivo certificado de calibração, que deverá estar em concordância com o especificado no Sistema da Qualidade do laboratório ou seja, segue o estabelecido na Norma NP EN ISO/IEC 17025 [101].

O certificado de calibração possibilita não só reconhecer o erro de medição e, conseqüentemente, verificar a adequação do equipamento para as medições que se pretendem realizar, mas também se os valores obtidos se encontram dentro do seu erro máximo admissível, especificado pelo fabricante.

Neste contexto, um dos parâmetros fundamentais na análise crítica de qualquer certificado de calibração, é a aceitabilidade do valor determinado para o erro de medição do instrumento, ou padrão calibrado. Este erro será considerado aceite caso seja menor ou igual ao valor do erro máximo admissível estabelecido para o instrumento em questão, com base na finalidade de utilização do mesmo.

Assim, é fundamental que, para essa comparação com o erro máximo admissível, seja considerado não só o valor do erro de medição determinado na calibração, mas também o da incerteza de medição, isto é, o somatório dos dois valores.

Com a realização destes ensaios é possível assegurar que estes equipamentos de medição se encontram adequados ao uso conforme as especificações do fabricante e/ou requisitos do proprietário do equipamento. Cabe ao detentor do equipamento analisar os afastamentos do seu instrumento e classificá-lo (em aprovado ou reprovado) mediante os critérios pré estabelecidos, que variam de acordo a exigências do seu processo.

Fundamentalmente, com estes ensaios é garantida a qualidade e o rigor das medições através da rastreabilidade a um padrão de menor incerteza, confirmado por um organismo reconhecido legalmente.

É certo que não existem sistemas de medição ideais, pelo que é expectável que exista sempre um erro e uma incerteza associada à medição.

Naturalmente, o rigor e a qualidade de medição impõem os menores valores para o respetivo erro e incerteza. Apesar dos erros obtidos nos ensaios de alguns parâmetros dos equipamentos em estudo serem nulos, isto não significa que a medição seja ideal, pois existe sempre associada uma incerteza em todas as medições. Assim, é fundamental que a evolução destes erros sejam acompanhada por forma a manter-se dentro dos limites aceitáveis.

É indiscutível a importância em conhecer e identificar os erros associados aos resultados das medições como forma de garantia de qualidade destas. Assim, e neste contexto, o desconhecimento dos erros associados aos resultados medidos, faz com que exista a aplicação de terapêuticas e procedimentos inadequados, pondo em causa a saúde e segurança dos utilizadores destes equipamentos.

Como exemplo do impacto provocado por erros nas medições, no contexto dos processos clínicos, salienta-se a influência de utilização dos equipamentos analisados se estes estiverem sujeitos a erros e incertezas elevadas.

No caso do desfibrilador, se os valores de energia libertada se encontrassem fora dos limites aceitáveis, haveria o perigo da energia libertada ser superior à indicada para o peso e idade do indivíduo, podendo causar graves queimaduras. Por outro lado, se a energia libertada fosse inferior ao estipulado, poderia ser insuficiente para restabelecer o ritmo cardíaco do indivíduo, o que seria crítico atendendo ao âmbito de utilização deste equipamento.

Analogamente, no monitor de sinais vitais esta problemática também é crítica, uma vez que na saúde várias decisões relacionadas com o diagnóstico e tratamento resultam da análise dos valores da pressão arterial.



A existência de um erro e uma incerteza elevada num monitor de sinais vitais impõe, naturalmente, um diagnóstico inadequado. Em função dos erros serem positivos ou negativos, o paciente poderia ser diagnosticado, respetivamente, como sendo hipertenso ou hipotenso, afetando em ambos os casos o processo terapêutico e, conseqüentemente, pondo em risco o estado de saúde do paciente.

Na mesma proporção, a presença de erros e incertezas elevadas em instrumentos de pesagem, influencia os procedimentos clínicos, já que em função dos erros serem positivos (a indicação do instrumento é superior ao valor verdadeiro) ou negativos, o paciente poderá ser medicado em excesso ou escassez, pondo em risco o tratamento e, naturalmente, a saúde do paciente.

Independentemente das diferentes contextualizações, é clara a permanente preocupação com a problemática associada à confiança das medições no sector da saúde, da segurança e do meio ambiente, em prol das graves conseqüências que estes erros podem representar para a saúde e segurança dos cidadãos.

Assim, conclui-se que é imprescindível um conhecimento profundo sobre todos estes procedimentos, para que se identifiquem fontes de erros e de modo a que se reconheça a existência de rastreabilidade metrológica, contribuindo-se para a qualidade dos serviços de saúde.

Neste seguimento, a boa prática de manutenção que integra atividades metrológicas, e que foi adotada pelo Hospital de Santa Maria, revelou-se bastante benéfica, visto que, existindo deteção de anomalias de forma precoce, evitar-se-ão erros de diagnóstico e de tratamento dos utentes, bem como possíveis deteriorações mais graves do equipamento, possibilitando o aumento de tempo de vida útil e de produtividade do mesmo, conseguindo-se desta forma minimizar a possibilidade de ocorrência de avarias.

Deste modo, e aliado a um bom planeamento de recursos, o Serviço de Instalações e Equipamentos foi capaz de reduzir não só a frequência de intervenções corretivas aos seus equipamentos, mas também a sua despesa com esses mesmos equipamentos.

Na tabela 5.13 estão representados os custos de Manutenção Preventiva relativos aos equipamentos analisados durante as atividades metrológicas acompanhadas no HSM.

Tabela 5.13 - Custos de Manutenção Associados aos Equipamentos Analisados no HSM

Nº de Inventário	Descrição	Marca/Modelo	Custo Anterior c/Equipamento (€)	Custo Atual c/ Equipamento (€)
000347	Monitor de Sinais Vitais	Critikon Dinamap 8100	300	128
001835	Desfibrilador	S&W Cardio Aid MC+	158	128
003105	Balança de Coluna	Seca 707	-	57
077184	Balança de Precisão	Kern 440	-	45

Na tabela é possível verificar o custo que determinado equipamento representa para o Hospital antes e depois da implementação das ações metrológicas associadas ao plano de manutenção preventiva destes.

Com base nos dados cedidos pelo Serviço de Instalações e Equipamentos do Hospital de Santa Maria, os valores apresentados na tabela demonstram a existência de uma redução na despesa corrente com estes equipamentos. No caso do monitor de sinais vitais, o atual contrato de manutenção representa uma redução na despesa de 172 € face ao anterior contrato. Uma vez que no Hospital existem 12 monitores de sinais vitais (da mesma marca e modelo) a poupança é 2064 €.

Extrapolando estes valores para a generalidade dos monitores de sinais vitais existentes nas instalações, a redução na despesa é significativamente superior, cerca de 17.372 €.

Importa referir que no HSM existem atualmente em contrato de verificação dos parâmetros metrológicos 101 monitores de sinais vitais (vd. Tabela 5.1, Pág. 57).

Relativamente aos Desfibriladores, a poupança é inferior. Ainda assim os valores apresentados na tabela demonstram a existência de uma redução na despesa com estes equipamentos. Uma vez que apenas existem 2 equipamentos da mesma marca/modelo no Hospital a redução seria de 60 €, porém, se considerarmos este valor para os restantes desfibriladores, a redução será mais expressiva, rondando os 3.630 €.

Atualmente em contrato de verificação dos parâmetros metrológicos existem 123 desfibriladores (vd. Tabela 5.1, Pág. 57).

Em relação aos instrumentos de pesagem (balanças) não é possível apresentar dados anteriores, uma vez que para estes equipamentos, até esta data, nunca existiram contratos de assistência técnica. No entanto, o Hospital de Santa Maria considera que é de extrema relevância a verificação dos parâmetros metrológicos, por forma a garantir o rigor e qualidade das medições, cumprindo com os requisitos metrológicos atuais destes equipamentos.

Na conjuntura atual é cada vez mais importante reduzir custos e, por outro lado, sendo necessário respeitar orçamentos mais restritivos, torna-se claro que replicar o procedimento adotado pelo HSM no sector da Saúde em Portugal, contribuirá positivamente para a otimização de recursos, já que a implementação das ações metrológicas associadas ao plano de manutenção preventiva poderá representar uma redução da despesa pública.

Em suma, o acompanhamento das ações de verificação dos parâmetros metrológicos em equipamentos médicos, permitiu verificar de que forma se processaram, compreender a sua importância e, fundamentalmente, constatar as vantagens para o bom desempenho dos equipamentos e respetivos resultados.

## 6 Propostas de Melhoria

Este capítulo pretende apresentar, de uma forma geral, propostas de melhoria que fomentem o rigor e qualidade metrológica no domínio da saúde, tendo por base a análise da situação atual das atividades metrológicas na manutenção de equipamentos médicos efetuada e apresentada no capítulo anterior.

Como todas as estratégias de pesquisa têm as suas vantagens e desvantagens, dependendo da necessidade do estudo, existem muitos estudos de caso que motivam a ida para terreno, ou seja, passar da teoria à aplicação.

Com isto ambiciona-se que a teoria aqui apresentada tenha aplicação em ambiente real, recorrendo para isso à metodologia TRIZ. Por outro lado, pretende-se alertar os leitores para a importância desta temática, que advém da metrologia e saúde, bem como motivar a ampliação da pesquisa neste domínio.

Assim, e após análise das principais problemáticas identificadas no que concerne às atividades metrológicas aplicadas aos equipamentos médicos, procedeu-se à implementação da Teoria de Resolução Inventiva de Problemas, mais conhecida pelo seu acrónimo TRIZ, de forma a propor melhorias para os problemas identificados.

### 6.1 Implementação de Atividades Metrológicas na Manutenção

Por forma a propor melhorias relativamente ao problema exposto, utilizou-se uma das ferramentas da metodologia TRIZ, nomeadamente o método de análise Substância-Campo.

Para a utilização desta ferramenta é necessário identificar e definir as principais substâncias (S), bem como as energias que sustentam a relação entre elas, os campos (F).

Posto isto, e face à situação metrológica atual no sector da saúde, a presente proposta visa sugerir possíveis alterações às atuais ações de manutenção, na eventualidade destas serem pouco adequadas aos equipamentos médicos com função de medição.

A prática inexistente de um controlo rigoroso sobre os instrumentos de medição levou a que toda a análise deste sistema técnico seja em função desse facto e as ações de manutenção de equipamentos médicos pouco adequadas, tendo como objetivo moderar o seu efeito. Assim o campo para este sistema é definido como sendo:

(F1) – Manutenção preventiva corrente

Assim, e para que o sistema técnico esteja completo, é necessário definir duas substâncias, (S1) e (S2), que interajam entre si através do campo previamente selecionado.

Para a presente proposta a substância S1 representa os equipamentos médicos com função de medição, enquanto a substância S2 corresponde aos requisitos efetivamente pretendidos para as ações de manutenção dos equipamentos médicos intervencionados.

(S1) – Equipamentos médicos com função de medição

(S2) – Requisitos de receção dos equipamentos intervencionados

No contexto das ações de manutenção dos equipamentos médicos no Hospital de Santa Maria em Lisboa, verificou-se a existência de diversos contratos de manutenção onde os seus moldes de atuação não se revelaram os mais adequados aos equipamentos em questão.

Dos contratos de manutenção existentes nenhum contemplava a verificação de parâmetros metrológicos dos equipamentos, pelo que, dadas as funções de medição associadas a estes equipamentos, seria uma mais-valia para o seu desempenho se os contratos existentes englobassem a confirmação metrológica destes.

Uma vez que as ações de manutenção existentes no hospital não garantiam a veracidade e a qualidade dos resultados medidos pelos equipamentos médicos existentes, a solução passou por subcontratar uma entidade competente capaz de garantir a rastreabilidade nas medições efetuadas.

Na sua generalidade, as ações de manutenção são efetuadas por entidades de prestação de serviços de manutenção externas ao hospital, e em alguns casos os representantes dos fabricantes dos equipamentos, que apenas seguem exaustivamente as recomendações, independentemente do estado em que se encontra o equipamento.

Isto leva frequentemente à realização de manutenções desnecessárias, excessivas ou até mesmo desadequadas, uma vez que obedecem cegamente os intervalos de manutenção pré-definidos cujo foco, na sua grande maioria, se encontra apenas na mitigação do risco operacional e não na garantia do seu correto funcionamento.

Perante a calendarização definida pelo fabricante para a manutenção dos equipamentos, constatou-se que, na grande maioria das vezes, as ações previstas limitavam-se simplesmente à garantia de funcionamento do equipamento, através da reparação ou substituição de componentes, descurando da precisão e exatidão da operacionalidade do mesmo.

Tendo em conta tudo o que foi referido anteriormente, esta proposta visa melhorar as ações de manutenção através da implementação da verificação de parâmetros metrológicos, para que assim o desperdício de recursos e o tempo gasto a efetuar manutenção desnecessária seja minimizado e acima de tudo que a qualidade das medições realizadas pelos equipamentos médicos seja garantida.

Embora o sistema se encontre definido, é considerado insuficiente ou ineficiente, pelo que será necessário intervir ao nível das suas substâncias ou campo.

Na figura 6.1 é ilustrado o atual sistema completamente definido, porém com uma ligação insuficiente entre as duas substâncias S1 e S2, respetivamente.

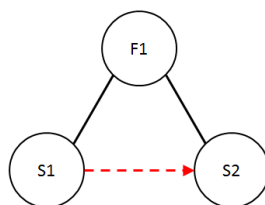


Figura 6.1 - Sistema 6.1 Ineficiente

Associada à ferramenta Análise Substância-Campo, existem 76 Soluções-Padrão divididas em 5 classes que pretendem complementar e auxiliar a procura pela solução adequada.

Estas 76 Soluções-Padrão são resumidas em 7 Soluções-Gerais, que permitem uma maior facilidade na aplicação da ferramenta Análise Substância-Campo após ter sido definido o sistema técnico a analisar.

Neste caso específico, por forma a manter inalteradas as substâncias, considerou-se a quarta solução-geral como sendo a mais adequada, o que resultou na modificação do campo (F1) para um outro novo campo (F2), numa tentativa de maximizar o efeito positivo no sistema, tal como esquematizado na Figura 6.2.

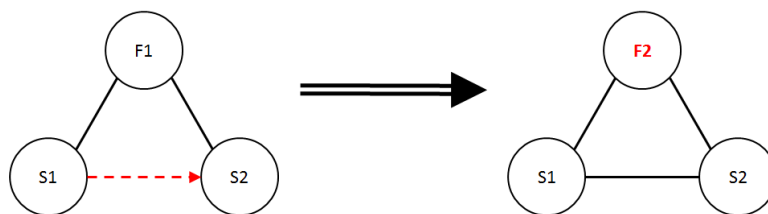


Figura 6.2 - Iteração do Sistema 6.1 com Modificação do Campo

Assim, e como consequência da necessidade identificada, este novo campo (F2) representa a introdução de atividades metrológicas aplicadas no âmbito da manutenção preventiva de equipamentos médico-hospitalares não abrangidos pelo controlo metrológico legal, nomeadamente, ações de calibração ou ensaio:

#### (F2) – Manutenção preventiva com aspetos metrológicos

Esta modificação tem em conta o acompanhamento das atividades de verificação metrológica efetuadas no hospital de Santa Maria, onde se constatou a efetiva necessidade que estas ações de confirmação metrológica representam no desempenho dos equipamentos médicos existentes naquelas instalações.

A modificação do campo neste sistema trará a garantia de qualidade nas medições através da rastreabilidade metrológica, onde tal não acontecia anteriormente e, para além disso, representará uma maior disponibilidade dos equipamentos, já que as ações de manutenção são morosas e, na sua grande maioria, não podem ser realizadas nas instalações do proprietário do equipamento em questão. Para além disto, prevê-se uma gestão dos recursos disponíveis mais otimizada e facilitada.

Assim, o sistema apresentado poderia ainda ser melhorado, sendo para tal necessário considerar a introdução de um novo campo positivo (F2+) para que interaja em simultâneo com o campo e as duas substâncias existentes, com o intuito de melhorar o efeito positivo no sistema sem a necessidade de alterar os elementos previamente definidos.

Neste caso, a solução-geral utilizada seria a solução-geral número seis, e o novo campo positivo a adicionar representaria a reavaliação das condições dos contratos existentes, como ilustrado na Figura 6.3.

#### (F2+) – Reavaliação das condições contratuais existentes

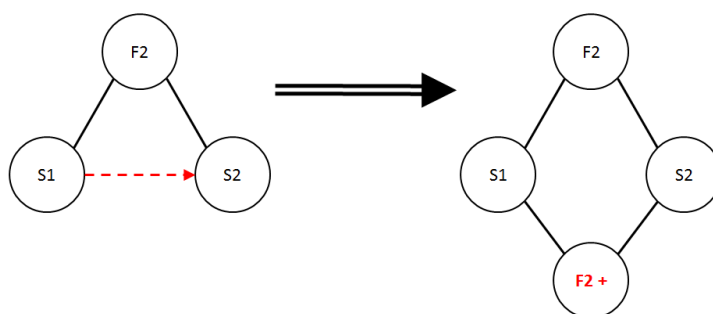


Figura 6.3 - Iteração Sistema 6.1 com Introdução de Novo Campo

Com a introdução deste novo campo (F2+), é expectável o surgimento de novas oportunidades de melhoria que conduzirão, por exemplo, a um aumento da adequabilidade dos equipamentos ao uso e ao local em que operam através de uma intensa reavaliação dos termos e condições contratuais existentes, assim como, através da renegociação com os fornecedores e empresas com vista à personalização destes contratos.

Aquando da realização da presente dissertação, parte desta solução já estaria a ser posta em prática, nomeadamente no que diz respeito à análise e reavaliação dos contratos de manutenção existentes, e ainda no que diz respeito ao que é desenvolvido no âmbito desses contratos.

## 6.2 Reforço da Legislação Metrológica em Vigor

Através da mesma ferramenta, a Análise Substância-Campo, definiram-se as substâncias que irão interagir no sistema, nomeadamente a substância (S3), que representa a legislação metrológica vigente, enquanto a substância (S4) irá corresponder aos equipamentos sujeitos a controlo metrológico.

Por fim, o campo responsável por interligar as duas substâncias representará a garantia de qualidade da medição que, por si só, é um aspeto que se pretende sempre maximizado:

(F3) – Garantia da qualidade da medição

(S3) – Legislação metrológica

(S4) – Equipamentos sujeitos a controlo metrológico

Identificados os elementos do sistema, nomeadamente as respetivas substâncias (S3) e (S4) a interagirem entre si através do campo (F3), este encontrar-se-á definido. A Figura 6.4 ilustra a construção do diagrama de Substância-Campo para este sistema.

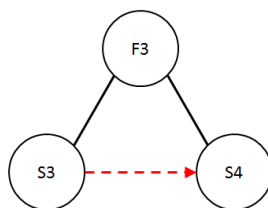


Figura 6.4 - Sistema 6.2 Ineficiente

Identificada a situação problemática procedeu-se à melhoria da interação deste sistema, optando-se por selecionar a terceira solução-geral, que consistiu na modificação da substância (S4) por forma a produzir/melhorar o impacto positivo desta interação.

Assim sendo, com o objetivo de proporcionar um controlo metrológico mais abrangente e, consequentemente, o aumento de qualidade das medições realizadas por este tipo de equipamentos, a substância (S4) será modificada, pelo que passará a corresponder ao reforço da legislação metrológica existente (S4'). Esta modificação na substância poderá ser temporária, já que após a sua aplicação poderá mostrar-se dispensável.

(S4') – Reforço da legislação metrológica atual

Nesta sequência a Figura 6.5 ilustra a iteração referida anteriormente:

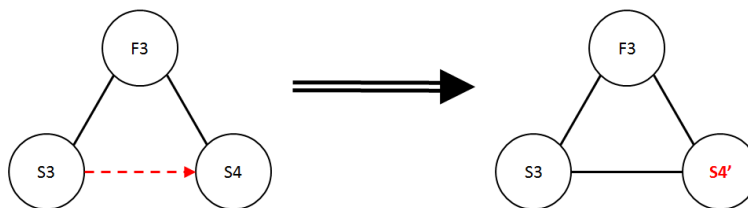


Figura 6.5 - Iteração Sistema 6.2 com Modificação da Substância

Perante a solução proposta para o sistema 6.2, referida anteriormente, o sistema poderia ainda ser considerado insuficiente, pelo que seria necessário intervir novamente com o intuito de maximizar o seu efeito.

Para tal, a melhoria passaria por acrescentar novos campos que interajam diretamente com o sistema, sem que as substâncias e o campo existente sofressem qualquer tipo de alteração. A proposta de modificação escolhida corresponde a solução-geral número cinco.

Apesar de atualmente existirem ações de controlo metrológico em vigor na área da saúde, a legislação ainda não contempla a generalidade dos equipamentos, sendo que as ações que têm vindo a ser desenvolvidas no âmbito metrológico devem ser apoiadas e dinamizadas.

Neste contexto serão adicionados dois novos campos ao sistema. O primeiro campo adicionado, (F4), representará a implementação e aplicação de políticas de harmonização das atividades metrológicas dentro das próprias instituições, nomeadamente a elaboração de procedimentos e normas internas a estas instituições.

#### (F4) – Elaboração de procedimentos e normas internas

Numa primeira abordagem ao problema, o reforço da regulamentação metrológica a nível nacional seria um processo demorado e complexo para a obtenção de resultados a curto/médio prazo, pelo que a regulamentação interna nos serviços de cuidados médicos seria o mais indicado.

Por outro lado, a sensibilização e a colaboração de todos os profissionais do sector, das comissões técnicas e dos membros governativos seria uma excelente oportunidade para estimular a revisão e ampliação das medidas legislativas, pelo que o segundo campo adicionado, (F5), corresponde à sensibilização dos profissionais de saúde e dirigentes.

#### (F5) – Sensibilização dos profissionais de saúde e dirigentes

Assim, o novo sistema apresentaria as iterações apresentadas na Figura 6.6:

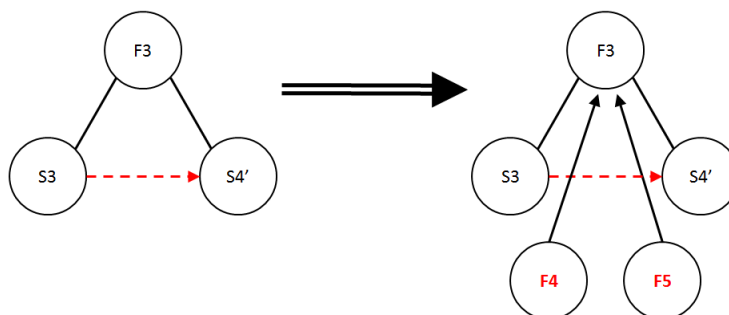


Figura 6.6 - Iteração do Sistema 6.2 com Introdução de Novos Campos

Nesse âmbito, o apoio dos profissionais de metrologia legal é fundamental para a criação de procedimentos e normas internas, bem como para a sensibilização da importância das intervenções metrológicas a executar.

### 6.3 Implementação do Planeamento das Atividades Metrológicas

Para a análise desta situação, procedeu-se como anteriormente, dando-se início à identificação dos elementos disponíveis, nomeadamente, do campo e das respetivas substâncias.

Tendo presente o intuito de garantir a qualidade e rigor das medições realizadas pelos equipamentos médicos, nesta situação pretende-se atuar sobre as ações de manutenção preventiva e, para o devido efeito, o campo (F6) representará essas mesmas ações de manutenção.

As substâncias (S5) e (S6) traduzirão, respetivamente, o planeamento existente atualmente na instituição e os equipamentos intervencionados ao abrigo desse mesmo planeamento.

(F6) – Ações de manutenção preventiva correntes

(S5) – Planeamento corrente

(S6) – Equipamentos intervencionados

A Figura 6.7, ilustra a representação gráfica do triângulo Substância-Campo para o sistema descrito:

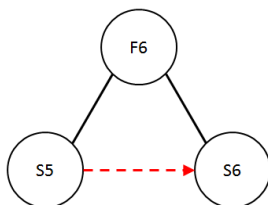


Figura 6.7 - Sistema 6.3 Ineficiente

Esta proposta surge no seguimento de uma das grandes dificuldades constatadas no que se refere à disponibilidade dos equipamentos médicos. No hospital de Santa Maria, como em qualquer outra grande instituição de prestação de cuidados de saúde, existe um défice de equipamentos médicos disponíveis para os diversos serviços curativos existentes, pelo que a privação de algum destes equipamentos, quer seja por avaria, reparação ou qualquer outro tipo de indisponibilidade, se torna num fator penalizador quer para o utente quer para o próprio hospital, uma vez que, em ambos os contextos, implicará custos.

Assim, a presente proposta visa atuar sobre o planeamento das atividades metrológicas com o intuito de agilizar o processo destas intervenções e garantir uma maior disponibilidade dos equipamentos médicos através do conhecimento acerca do seu comportamento.

Uma vez definido o sistema, e para maximizar o seu efeito positivo, será necessária a modificação da substância (S5), pelo que esta situação pode ser resolvida recorrendo à segunda solução-geral. A nova substância (S5') representará o "Planeamento das atividades metrológicas" a implementar e incorporar no plano de manutenção preventiva dos equipamentos.

(S5') – Planeamento das atividades metrológicas



Na Figura 6.8 ilustra-se a iteração do sistema com a mudança de uma substância.

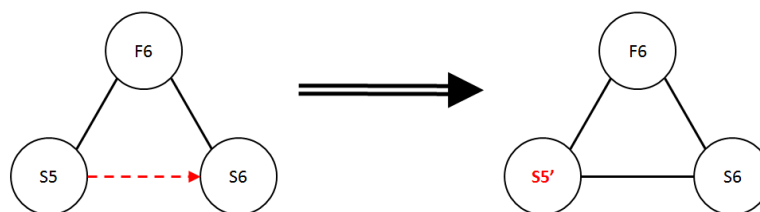


Figura 6.8 - Iteração Sistema 6.3 com Mudança de Substância

Uma vez que as atividades metrológicas são realizadas no âmbito das ações de manutenção preventiva, é natural que a modificação desta substância obrigue a uma alteração do campo atual no sistema, de modo a que este seja coerente.

Assim, o novo campo (F7) representará as ações de manutenção preventiva revistas tendo em conta os aspetos metrológicos

#### (F7) – Ações revistas de manutenção preventiva

Esta situação foi resolvida recorrendo à quarta solução-geral. A Figura 6.9 ilustra a iteração do sistema com a atualização do campo.

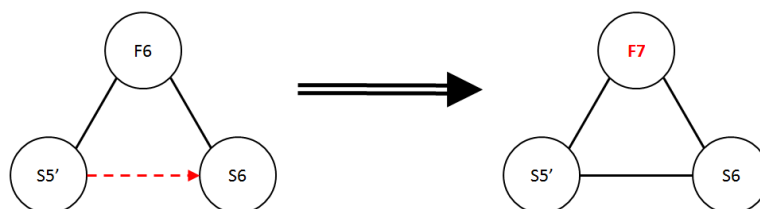


Figura 6.9 - Iteração Sistema 6.3 com Mudança de Campo

Aplicadas estas modificações é esperado um aumento da disponibilidade dos equipamentos e, consequentemente, uma melhor gestão dos recursos disponíveis com redução de desperdícios.

Permitirá ainda um maior conhecimento acerca do comportamento destes instrumentos, facilitando, consequentemente, a deteção de possíveis erros e condições prejudiciais ao seu desempenho, pelo que a qualidade das medições realizadas por estes equipamentos sairá beneficiada.

O facto de os equipamentos estarem sujeitos a um planeamento de processos que englobem a confirmação metrológica permite garantir que, ao longo do período de vida útil desse equipamento, é conhecido o historial do seu comportamento, isto é, que são conhecidos os erros e, por esse motivo, é conhecido o seu desempenho, que se traduz numa redução de custos na manutenção dos mesmos.

Por outro lado, é expectável uma maior concordância entre a estratégia traçada pelas instituições de cuidados de saúde e a prática real das atividades executadas diariamente nas linhas da frente de atendimento ao paciente. Assim, este sistema pretende alcançar uma clarificação dos objetivos traçados e das metas a atingir de forma atempada e eficaz.

## 6.4 Investimento em Formação e Sensibilização

Por fim, o atributo que se pretende maximizar é novamente a “garantia da qualidade das medições”, pelo que o campo utilizado anteriormente no sistema 6.2 fica desde já definido para este novo sistema 6.4.

Relativamente à substância (S7), esta representa os “Profissionais de Saúde sem formação adequada”, na perspetiva de evidenciar a desatualização de formação destes em relação aos avanços na área da metrologia, enquanto a substância (S8) representa os “Equipamentos médicos”.

(F3) – Garantia da qualidade das medições

(S7) – Profissionais de saúde sem formação adequada

(S8) – Equipamentos médicos

Na figura 6.10 é ilustrado o atual sistema definido, porém com uma ligação insuficiente entre as duas substâncias S7 e S8, respetivamente.

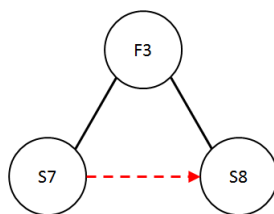


Figura 6.10 - Sistema 6.4 Ineficiente

De forma a maximizar o efeito positivo neste sistema, foi modificada a substância (S7).

Esta modificação visa ensinar ou atualizar os profissionais de saúde relativamente às noções metroológicas essenciais para uma utilização responsável dos equipamentos médicos, e também incutir um certo espírito crítico na análise dos resultados das medições, sendo que esta assume grande relevância na prevenção de erros e, por consequência, no diagnóstico. Assim, a nova substância (S7') representa os profissionais de saúde após a frequência em ações de formação e sensibilização.

(S7') – Profissionais de saúde com formação ministrada

A modificação da substância (S7) corresponde à solução-geral número dois. Na Figura 6.11 encontra ilustrada essa iteração aplicada sobre o sistema.

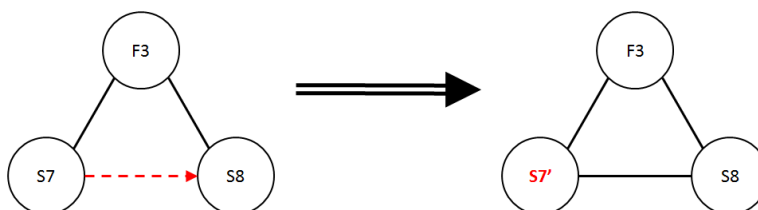


Figura 6.11 - Iteração Sistema 6.4 com Mudança de Substância

Independentemente da área de atuação a que se destine, o propósito de uma medição é fornecer um resultado confiável e real daquilo que se está a mensurar e, neste sentido, a garantia da qualidade das medições passa também pelo reforço da formação e sensibilização, pelo que estas medidas devem ser continuamente alargadas e dinamizadas.

Uma vez apresentadas as propostas de melhoria, salienta-se que as situações analisadas anteriormente apenas referiram os aspetos positivos das mesmas, porém, da mesma forma que surgem benefícios ao alterar substâncias e campos, podem também surgir efeitos adversos, pelo que é necessária uma ponderação, à posteriori, relativamente à escolha da solução, atendendo às vantagens versus desvantagens do sistema em questão.



## 7 Conclusões

Neste último capítulo da presente dissertação são expostas conclusões finais e apresentadas algumas sugestões e propostas para dinamizar a pesquisa nestas áreas, com o objetivo de fomentar o desenvolvimento de futuros trabalhos relativos a esta temática.

O trabalho exploratório que agora se conclui verificou a existência de uma abordagem metrológica incipiente no domínio da saúde em Portugal, decorrente maioritariamente da insuficiente legislação metrológica em vigor.

A escassa, ou quase inexistente, regulamentação para o controlo metrológico de equipamentos médicos, põe em causa a rastreabilidade e conformidade das medições fundamentais para a qualidade, segurança e rigor dos diagnósticos e tratamentos nos serviços de prestação de cuidados de saúde.

Neste contexto a presente dissertação, desenvolvida no âmbito de um estágio curricular concretizado no Departamento de Metrologia do Instituto Português da Qualidade (IPQ) e no domínio da Metrologia Legal, possibilitou o desenvolvimento deste trabalho exploratório que visou abordar a importância da Metrologia e da Manutenção no sector da saúde, quando aplicado aos equipamentos médicos e de forma a identificar novas abordagens e metodologias para a resolução dos problemas existentes.

Assim sendo, e dada a importância da temática, o Hospital de Santa Maria enquanto estabelecimento de prestação de cuidados de saúde de elevada qualidade, altamente diferenciado em tecnologias e saberes, possibilitou a partilha de dados e conhecimentos num contexto de formação, ensino e auxílio à investigação da presente dissertação, através do acompanhamento dos procedimentos correntes das atividades metrológicas em equipamentos médicos, realizadas no âmbito do plano de manutenção preventiva.

O contacto com o ambiente hospitalar possibilitou a agregação dos conceitos resultantes da revisão da literatura à prática, isto é, contribuiu significativamente para a aplicação prática daquilo que foram os resultados da análise desenvolvida.

Assim, e uma vez exposta a problemática, foi realizada uma análise crítica acerca da atual realidade metrológica na saúde em Portugal com base na informação recolhida junto de alguns dos profissionais dos serviços clínicos e da área da manutenção.

Identificadas as oportunidades de melhoria, foram apresentadas propostas para a integração de soluções que explorassem as potencialidades da metodologia TRIZ, tendo sido utilizada a ferramenta de Análise Substância-Campo.

As propostas de melhoria desta ferramenta passaram por:

- i) Implementar atividades metrológicas no âmbito do plano de manutenção preventiva, visando a importância da rastreabilidade metrológica dos equipamentos médicos, para que assim seja possível uma rápida manutenção e recuperação destes e, consequentemente, garantida da qualidade das medições;
- ii) Reforçar a legislação metrológica em vigor associada aos equipamentos médicos através de procedimentos e normas internas aos estabelecimentos de cuidados de saúde, promovendo assim uma alteração dos requisitos legais. Por outro lado, a sensibilização e a colaboração de dirigentes e membros governativos de forma a estimular a revisão e ampliação das medidas legislativas;
- iii) Implementar um plano de atividades metrológicas que possibilite um conhecimento mais aprofundado do comportamento destes equipamentos de modo a agir conforme as necessidades existentes e que permita igualmente um aumento da disponibilidade destes e, consequentemente, uma melhor gestão dos recursos disponíveis, evitando desperdício;

iv) Investir em formação e sensibilização dos profissionais de saúde relativamente às noções metrológicas essenciais a uma utilização responsável dos equipamentos e, por conseguinte, à prevenção de erros e desperdícios.

Posto isto, a Análise Substância-Campo revelou-se muito importante não só na análise da problemática, mas também naquilo que diz respeito à criação de soluções, uma vez que esta análise apresentou uma grande simplicidade na sua aplicação, sendo as suas propostas válidas em qualquer ramo de atividade ou área funcional, como é o caso da Metrologia.

De salientar que, as soluções de melhoria propostas tiveram por base a análise metrológica atual no sector da saúde em Portugal, tendo-se verificado a corroboração com a teoria analisada nos capítulos anteriores. Tal representa uma mais-valia para a validade das soluções propostas.

No decorrer do desenvolvimento deste trabalho surgiram, naturalmente, algumas dificuldades que resultam do primeiro contacto do autor com o sector da Saúde e com a vasta área da Metrologia, até à data totalmente desconhecidas por si. Não obstante deste facto, durante este contacto sentiu-se alguma dificuldade naquilo que diz respeito a *timings* ou à residual informação existente, principalmente em língua portuguesa e que relacionasse estas áreas. De salientar ainda o acesso restrito aos organismos públicos que apenas foi contrariado pela notória colaboração e inteira disponibilidade demonstrada pela Dr.<sup>a</sup> Maria do Céu Ferreira, como atual investigadora e metrologista no Instituto Português da Qualidade.

Perante estas dificuldades não se revelou facilitada a apresentação de propostas de soluções criativas e inovadoras que significassem um impacto relevante na gestão de topo das organizações associadas à saúde, porém, e ainda assim, o presente trabalho vem sintetizar a informação que é ainda muito dispersa e sensibilizar, de um diferente ponto de vista, para os benefícios resultantes da rastreabilidade metrológica na prestação de cuidados de saúde, contribuindo assim para o entendimento global e reflexão da realidade metrológica nacional, bem como para o incentivo à concretização de investigação nestas áreas.

Devido às políticas de sigilo e proteção de dados existentes no sector da saúde, a obtenção de dados revelou-se ser inferior ao desejável, porém conseguiu-se alcançar um resultado, ainda que estimado, da potencial redução orçamental na manutenção preventiva aplicada aos equipamentos médicos existentes no Hospital de Santa Maria.

A natureza do estudo não permitiu apresentar um valor de referência orçamental (tão importante nos dias que correm) uma vez que os resultados obtidos foram extrapolados, com base numa pequena amostra, contudo é perceptível a redução da despesa e tal facto poderá servir de incentivo a que novos e mais aprofundados estudos sejam efetuados neste sentido.

Poderá concluir-se que tanto a Metrologia como a Metodologia TRIZ, a par da manutenção preventiva, permitirão um maior rigor e qualidade na prestação de serviços e uma maior disponibilidade dos equipamentos, o que representa só por si uma evolução positiva na gestão de recursos e, consequentemente, uma redução de desperdício, daí poder constatar-se retorno numa perspetiva financeira.

Em suma, este trabalho enquanto estudo académico teórico contribuiu para a sintetizar os conhecimentos sobre a realidade metrológica dos equipamentos médicos em Portugal, bem como para o desenvolvimento de uma abordagem solucionadora do problema, através da aplicação da metodologia TRIZ.

Em termos de trabalhos futuros, é perceptível que ainda existe um longo caminho a percorrer em Portugal, face a Países estrangeiros, onde a vertente da saúde é muito mais explorada neste sentido, sendo por isso fundamental dar continuidade e profundidade a este tema.

Neste contexto, e para uma investigação futura do tema, sugere-se a inclusão de mais intervenientes relacionados com o sector da saúde e tecnologia com o propósito de poderem ser abordados diferentes pontos de vista, nomeadamente, de fabricantes de equipamentos médicos e de unidades de saúde privadas e seus utilizadores.

## Referências Bibliográficas

- [1] P. Howarth e EUROMET, European Collaboration in Measurement Standards, Eds., *Metrology - In Short: [EURAMET project no. 1011]*, 3. ed. Albertslund: Schultz Grafisk, 2008.
- [2] D. Guedes, «Análise Metrológica de Acabamento de Superfícies Aplicada a Componentes Mecânicos», Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, FCT-UNL, Caparica, 2014.
- [3] «Museu de Metrologia do IPQ». Disponível em: [http://www1.ipq.pt/museu/PT/MM/v1/v1\\_estado\\_moderno\\_reforma\\_sebastiao.aspx](http://www1.ipq.pt/museu/PT/MM/v1/v1_estado_moderno_reforma_sebastiao.aspx). [Acedido: 04-jul-2016].
- [4] *Vocabulário Internacional de Metrologia - Conceitos Fundamentais e Gerais e Termos Associados (VIM 2012) - 1.ª edição luso-brasileira*. 2012.
- [5] «Metrologia». Disponível em: <http://www1.ipq.pt/pt/metrologia/apresentacao/Pages/Metrologia.aspx>. [Acedido: 16-abr-2016].
- [6] IPQ, *Vocabulário Internacional - Termos de Metrologia Legal 1ª Edição*. 2009.
- [7] «IPQ - Instituto Português da Qualidade», 2016. Disponível em: <http://www1.ipq.pt/PT/Pages/Homepage.aspx>. [Acedido: 16-abr-2016].
- [8] M. Ferreira, *Metrologia na Saúde - Guia de Boas Práticas, IPQ*, 1ª edição. 2015.
- [9] «Decreto-Lei n.º 71/2012» *Diário da República*, 1.ª série - Nº 58, 21 de março de 2012.
- [10] M. Ferreira, «Avaliação da Perceção da Metrologia na Saúde», Dissertação de Doutoramento em Engenharia e Gestão Industrial, FCT-UNL, Caparica, 2013.
- [11] «Inmetro - Estrutura Hierárquica de Rastreabilidade». Disponível em: <http://200.20.212.34/metcientifica/estrutura.asp>. [Acedido: 04-jul-2016].
- [12] «BIPM - Bureau international des poids et mesures». Disponível em: <http://www.bipm.org/en/about-us/>. [Acedido: 16-abr-2016].
- [13] «BIPM - Metre Convention». Disponível em: <http://www.bipm.org/en/worldwide-metrology/metre-convention/>. [Acedido: 27-jul-2016].
- [14] «ISO/IEC 17000:2004(en), Conformity Assessment - Vocabulary and general principles». Disponível em: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-iec:17000:ed-1:v1:en>. [Acedido: 09-set-2016].
- [15] «WELMEC Guide 4.2 - Elements for deciding the appropriate level of confidence in regulated measurements. (Accuracy classes, MPE in-service, nonconformity, principles of uncertainty)». WELMEC Secretariat Federal Office of Metrology and surveying, Jun-2006.
- [16] «ISO 10576-1:2003 - Statistical Methods - Guidelines for the Evaluation of Conformity with Specified Requirements - Part 1: General Principles», ISO. Disponível em: [http://www.iso.org/iso/catalogue\\_detail.htm?csnumber=32373](http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=32373). [Acedido: 10-set-2016].
- [17] «Decreto-Lei nº 183/86» *Diário da República*, 1.ª série - Nº 158, 12 de julho de 1986.
- [18] «Decreto-Lei n.º 80/2014» *Diário da República*, 1.ª série - Nº 93, 15 de maio de 2014.

- [19] "Portaria nº 23/2013, de 24 de janeiro", *Diário da República*, 1.<sup>a</sup> série - N.º 17 - 24 de janeiro de 2013.
- [20] «Organograma IPQ». Disponível em: <http://www1.ipq.pt/pt/ipq/organograma/Pages/Organograma.aspx>. [Acedido: 04-jul-2016].
- [21] «Decreto-Lei n.º 165/83» *Diário da República*, 1.<sup>a</sup> série - Nº 96, 27 de abril de 1983.
- [22] «Decreto-Lei n.º 234/93» *Diário da República*, 1.<sup>a</sup> série - Nº 153, 2 de julho de 1993.
- [23] J. Guedelha e R. Lourenço, «Metrologia e Normalização - Guia do Formando IEFP». março 1999.
- [24] «IPQ - Estrutura Orgânica». Disponível em: <http://www1.ipq.pt/pt/metrologia/apresentacao/estrutorg/Pages/estrutorg.aspx>. [Acedido: 04-jul-2016].
- [25] JCGM 2008, «JCGM 100:2008 "Evaluation of Measurement Data - Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement" - 1<sup>a</sup> ed. 2008». set-2008.
- [26] «Decreto-Lei nº 128/2010» *Diário da República*, 1.<sup>a</sup> série - Nº 234, 3 de dezembro de 2010. 2010.
- [27] E. C. Monteiro e M. L. Lessa, «A Metrologia na Área de Saúde: Garantia da Segurança e da Qualidade dos Equipamentos Eletromédicos», *Engevista*, vol. 7, n. 2, 2010.
- [28] «World Health Organization: Fifty Fifth World Health Assembly - Quality of Care: Patient Safety», março 2002.
- [29] T. A. Brennan, N. M. Laird, L. Hebert, A. R. Localio, e A. G. Lawthers, «Incidence of Adverse Events and Negligence in Hospitalized Patients: Results of the Harvard Medical Practice Study», pp. 370–376, 1991.
- [30] S. Kasetta, «Conformity Assessment of Medical Devices according to Requirements of EU Directive», n. 4(68), 2006.
- [31] «APORMED - Associação Portuguesa das Empresas de Dispositivos Médicos». Disponível em: <http://www.apormed.pt/setor-dispositivos-medicos/o-setor.html>. [Acedido: 31-jul-2016].
- [32] «European Commission - Press release - Dispositivos Médicos mais Seguros, mais Eficazes e Inovadores». Disponível em: [http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-12-1011\\_pt.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-12-1011_pt.htm). [Acedido: 31-jul-2016].
- [33] «Infarmed». Disponível em: [http://www.infarmed.pt/portal/page/portal/SOBRE\\_O\\_INFARMED/APRESENTACAO](http://www.infarmed.pt/portal/page/portal/SOBRE_O_INFARMED/APRESENTACAO). [Acedido: 31-jul-2016].
- [34] M. Ferreira, «VII - Conferência Estatística e Qualidade na Saúde : A Importância da Metrologia na Saúde», Lisboa, 2011.
- [35] E. C. Alves, «Investigação Clínica em Dispositivos Médicos», *Revista Portuguesa de Cirurgia*, n. 24, pp. 65 – 68, março, 2013.
- [36] «Medical Devices - Growth - European Commission», *Growth*. Disponível em: <http://ec.europa.eu/growth/sectors/medical-devices/>. [Acedido: 01-ago-2016].
- [37] «Conselho das Comunidades Europeias, "Directiva 93/42/CE do conselho, de 14 de Junho de 1993, relativa aos dispositivos médicos.", *Jornal Oficial*, 17 julho 1993».



- [38] M. Ferreira, «A Importância da Metrologia na Saúde, *Gazeta da Física*, Vol.36, N. °1, pág. 6 - 9», 2013.
- [39] «Dispositivos Médicos - INFARMED», Jun-2016. Disponível em: [http://www.infarmed.pt/portal/page/portal/INFARMED/DISPOSITIVOS\\_MEDICOS](http://www.infarmed.pt/portal/page/portal/INFARMED/DISPOSITIVOS_MEDICOS). [Acedido: 06-mar-2016].
- [40] «Affix CE marking - Growth - European Commission», *Growth*. Disponível em: [https://ec.europa.eu/growth/single-market/ce-marking/manufacturers/affix-ce-marking\\_en](https://ec.europa.eu/growth/single-market/ce-marking/manufacturers/affix-ce-marking_en). [Acedido: 17-set-2016].
- [41] «Guidelines for the Classification of Medical Devices (Meddev 2.4/1-rev.8 - julho de 2001)». .
- [42] M. J. Neves, «Dispositivos Médicos - Definição e Perspectiva Regulamentar, *Infarmed DPS - 2010*», 2010.
- [43] A. Freitas, «Dispositivos Médicos: Enquadramento Regulamentar e Documentação Técnica», 2014.
- [44] «Infarmed - Fronteira entre Dispositivos Médicos e outros Produtos». Disponível em: [http://www.infarmed.pt/portal/page/portal/INFARMED/DISPOSITIVOS\\_MEDICOS/CLASSIFICACAO\\_E\\_FRONTEIRAS/FRONTEIRA\\_DM\\_OUTROS\\_PRODUTOS](http://www.infarmed.pt/portal/page/portal/INFARMED/DISPOSITIVOS_MEDICOS/CLASSIFICACAO_E_FRONTEIRAS/FRONTEIRA_DM_OUTROS_PRODUTOS). [Acedido: 03-ago-2016].
- [45] «Conselho das Comunidades Europeias, “Directiva 93/42/CE do conselho, de 14 de Junho de 1993, Relativa aos Dispositivos Médicos” - Jornal Oficial». 17-jul-1993.
- [46] R. Helen Delaney, «A Guide to the EU Medical Device Directive, National Institute of Standards and Technology». 2001.
- [47] P. R. S. Alcântara e others, «Dispositivos Médicos na Farmácia Comunitária e Hospitalar: O Contributo e o Papel dos Farmacêuticos na Garantia da Utilização Segura dos Dispositivos», *Dissertação Mestrado em Ciências Farmacêuticas, Universidade Lusófona de -humanidades e Tecnologias, Lisboa*, 2013.
- [48] A. Oliveira, «Ventiladores Pulmonares – Seleção, aquisição e confiabilidade metrológica», *Instituto Politécnico do Porto. Instituto Superior de Engenharia do Porto*, 2012.
- [49] A. K. Pinto e J. N. Xavier, *Manutenção: Função Estratégica*. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.
- [50] Í. Dias, «Aplicação de Técnicas de Fiabilidade e Gestão de Manutenção numa Linha de Tratamento de Frigoríficos em Fim de Vida: Caso de Estudo Recielectric», *Dissertação de Mestrado em Engenharia Gestão Industrial, FCT-UNL, Caparica*, 2015.
- [51] J. Moubray, *Reliability-Centred Maintenance*. U.S.: INDUSTRIAL PRESS INC., 1997.
- [52] M. F. A. de Queiroz, «Estudo de melhoria de gestão de manutenção de uma estação de tratamento de águas residuais», *Dissertação de Doutoramento em Engenharia e Gestão Industrial, Faculdade de Ciências e Tecnologia*, 2015.
- [53] M. Justa, «A Atividade de Manutenção como Estratégia de Vantagem Competitiva». 2015.
- [54] J. Monks, *Administração da Produção*. McGraw Hill, 1987.

- [55] L. A. Tavares, *Excelência na Manutenção - Estratégias para Otimização e gerenciamento*. Salvador: Casa da Qualidade, 1996.
- [56] J. Cabral, *Organização e Gestão da Manutenção : Dos Conceitos à Prática*, 3th ed. Lidel, 1998.
- [57] «NP EN 13306:2010 - Terminologia da Manutenção, Caparica: Instituto Português da Qualidade». 2010.
- [58] A. Monchy, *A Função Manutenção*. São Paulo: Durban, 1987.
- [59] F. Didelet e J. C. Viegas, «Manutenção - Escola Superior de Tecnologia de Setúbal». 2003.
- [60] L. P. L. Alexandre, «Aplicação de Algumas Técnicas Lean às Instalações Fabris e à Gestão da Manutenção numa PME Metalomecânica», Dissertação de Mestrado em Engenharia Gestão Industrial, FCT-UNL, Caparica, 2015.
- [61] V. M. Pinto, *Gestão da Manutenção*. ELO - Publicidade, Artes gráficas LDA, 1994.
- [62] T. M. D. Palmeira, «Estudo de melhoria da gestão da manutenção de um terminal petrolífero», Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Caparica, 2015.
- [63] R. D. Vinhas, «Gestão da Manutenção de Equipamentos de Laboratório: Uma Estratégia para Melhoria do Desempenho da Atividade de Pesquisa em uma Instituição de CeT em saúde», 2007.
- [64] J. S. Cabral, *Gestão da Manutenção de Equipamentos, Instalações e Edifícios*. Lisboa: LIDEL, 2009.
- [65] N. M. R. M. dos Santos, «Projeto de conceção e desenvolvimento de um esterilizador a vapor de equipamento médico-hospitalar», Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2012.
- [66] S. D. Savransky, *Engineering of Creativity: Introduction to TRIZ Methodology of Inventive Problem Solving*. Boca Raton, Fla: CRC Press, 2000.
- [67] R. Santo, «Boletins On-line em Comunidades Virtuais de Ciências Exatas», Dissertação de Mestrado Comunicação Social, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2009.
- [68] H. Castro, «Aplicação da Metodologia TRIZ em Embalagem para Logística», Dissertação de Mestrado em Engenharia Gestão Industrial, FCT-UNL, Caparica, 2015.
- [69] J. F. Marques, «Aplicação da Metodologia TRIZ e da Manutenção Autónoma em Atividades de Manutenção Industrial», Dissertação de Mestrado em Engenharia Gestão Industrial, FCT-UNL, Caparica. 2014.
- [70] InnoSkills, «Instrumentos para o Desenvolvimento de Soluções Inovadoras - TRIZ». 2009.
- [71] «TRIZ». Disponível em: <http://www.mazur.net/triz/>. [Acedido: 15-abr-2016].
- [72] H. V. G. Navas, «TRIZ: Design Problem Solving with Systematic Innovation», em *Advances in Industrial Design Engineering*, D. Coelho, Ed. InTech, 2013.
- [73] M. Sameiro, «Metodologia TRIZ Aplicada em Projetos de Consultoria», Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, FCT-UNL, Caparica, 2015.

- [74] G. Altshuller, *TRIZ, Systematic Innovation and Technical Creativity*, Second Edition: December 2007. Technical Innovation Center, INC., 2007.
- [75] K. Rantanen e E. Domb, *Simplified TRIZ: New Problem Solving Applications for Engineers and Manufacturing Professionals*, Second Edition. Taylor & Francis. 2010.
- [76] A. Pádua, «Inovação Sistemática Aplicada à Rastreabilidade Metrológica na Saúde», Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, FCT-UNL, Caparica, 2016.
- [77] G. Altshuller, *The Innovation Algorithm: TRIZ, Systematic Innovation, and Technical Creativity*. Worchester, Massachusetts: Technical Innovation Center, 1999.
- [78] J. Fernandes, «Aplicação da Metodologia TRIZ em Empresas Industriais», Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, FCT-UNL, Caparica, 2013.
- [79] R. N. Jorge, J. Tavares, J. L. Alexandre, A. J. M. Ferreira, e others, «Resolução Criativa de Problemas com a Metodologia TRIZ num Ambiente Lean».
- [80] «Systematic Innovation's Successes in Healthcare», *The Triz Journal*. Disponível em: <https://triz-journal.com/innovation-theories-strategies/incremental-innovation/systematic-innovations-successes-healthcare/>. [Acedido: 30-ago-2016].
- [81] P. P. Barros, J. de Almeida Simões, S. Allin, e E. Mossialos, «Health Systems in Transition», *Health*, vol. 9, n. 5, 2007.
- [82] «Relatório Contas Satélite da Saúde 2000 – 2015 Pe». Instituto Nacional de Estatística, 27-jun-2016.
- [83] «APMGF - Associação Portuguesa de Medicina Geral e Familiar». Disponível em: <http://www.apmgf.pt/index.php?section=news&action=details&id=287>. [Acedido: 27-ago-2016].
- [84] J. M. Baio, «A Importância da Despesa em Dispositivos Médicos nos Sistemas de Saúde», Faculdade de Economia - Universidade de Coimbra, Coimbra, 2011.
- [85] B. da C. Heleno, «Aplicação da Manutenção Centrada na Fiabilidade a Dispositivos Médicos», Dissertação de Mestrado em Engenharia Biomédica, Universidade Católica Portuguesa Faculdade de Engenharia, 2014.
- [86] J. Herbert, «Optimization of Clinical Engineering in Private Healthcare», apresentado na 20th Congress of the International Federation of Hospital Engineering, Barcelona, 2008.
- [87] P. Thorburn, «RCM – A Biomedical Engineering Experience», apresentado na RCM-2008 Reliability Centered Maintenance Managers' Forum, Las Vegas, 2008.
- [88] D. Guimarães, «Metodologia TRIZ Aplicada ao Estudo de Melhoria da Gestão das Atividades Metrológicas na Saúde» Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, FCT-UNL, Caparica, 2016.
- [89] «FMUL - Faculdade de Medicina da Universidade de Lisboa - CursodeMedicina.com». Disponível em: <http://www.cursodemedicina.com/portugal/faculdade-de-medicina-da-universidade-de-lisboa>. [Acedido: 21-set-2016].
- [90] «Relatório e contas 2014 - Centro Hospitalar Lisboa Norte, EPE». 2014.
- [91] «Notícias FMUL - News nº 2 | dezembro de 2008». Disponível em: <http://news.fm.ul.pt/Content.aspx?tabid=35&mid=168&cid=125>. [Acedido: 16-ago-2016].
- [92] «Wikipédia - Hospital de Santa Maria», *Wikipédia, a enciclopédia livre*. 04-jun-2016.

- [93] «DN Saúde - De Lisboa até ao Corvo... são 34 hospitais e muitos médicos de distância», *DN*, Jun-2016. Disponível em: <http://www.dn.pt/portugal/interior/de-lisboa-ate-ao-corvo-sao-34-hospitais-e-muitos-medicos-de-distancia-5209597.html>. [Acedido: 16-ago-2016].
- [94] «LABMETRO: Laboratório de Metrologia - Instituto de Soldadura e Qualidade». Disponível em: <http://metrologia.isq.pt/>. [Acedido: 10-ago-2016].
- [95] «Labmetro Saúde: Calibração de Equipamentos Médico-Hospitalares e Ensaios de Equipamentos de Electromedicina». Disponível em: <http://labmetrosaude.isq.pt/MetrologiaClinicaHospitalar.aspx>. [Acedido: 10-ago-2016].
- [96] «EA-4/16 G: 2003 - European Accreditation Guidelines on the Expression of Uncertainty in Quantitative Testing». dezembro, 2003.
- [97] International Electrotechnical Commission, International Electrotechnical Commission, e Technical Committee 62, *IEC60601-2-4 - Medical Electrical Equipment - Appareils électromédicaux Part 2-4*. Geneva: International Electrotechnical Commission, 2010.
- [98] «IEC 80601-2-30:2013 - Medical Electrical Equipment Part2-30: Particular requirements for the basic safety and essential performance of automated non-invasive sphygmomanometers». 2013.
- [99] L. Ferreira, «Metrologia na Saúde: Garantir os Resultados para um Correto Diagnóstico», *Tecnologia & Qualidade*, pp. 50 – 51, outubro 2015.
- [100] «IEC 62353:2008 - Medical Electrical Devices: Recurrent test and test after repair of medical electrical equipment». 2008.
- [101] «NP EN ISO/IEC 17025:2005 - Requisitos gerais de Competência para Laboratórios de Ensaio e Calibração, 2ª ed.». 2005.
- [102] «OIML R 16-2:2002 - Non-invasive automated sphygmomanometers. Paris, France: International Organization of Legal Metrology». 2002.
- [103] H. Navas, «TRIZ - Uma Metodologia para a Resolução de Problemas - Guia de Empresas Certificadas - Cem Palavras Comunicação Empresarial, Lda, (pp. 28-32).» 2013.

## **Anexos**

## **Anexo I** - Definição das Classes de Soluções-Padrão da Análise Substância-Campo

<b>Classe 1. Construção e destruição de modelos Substância-Campo</b>	
<b>1.1 Construção de modelos Substância-Campo</b>	
1.1.1 Construção de um modelo SC	Se um determinado objeto não é recetivo (ou pouco recetivo) para as mudanças necessárias, e a descrição do problema não inclui quaisquer restrições para a introdução de substâncias ou campos, o problema pode ser resolvido através do preenchimento do modelo SC para introduzir os elementos em falta.
1.1.2 Modelo Interno SC complexo	Se um determinado objeto não é recetivo (ou pouco recetivo) para as mudanças necessárias, e a descrição do problema não inclui quaisquer restrições para a introdução de substâncias ou campos, o problema pode ser resolvido pela transição permanente ou temporária para o modelo interno complexo SC, ou seja, introduzindo aditivos em S1 ou S2 para aumentar a controlabilidade, ou conferir as propriedades pretendidas para o modelo de SC.
1.1.3 Modelo Complexo externo SC	Se um determinado objeto não é recetivo (ou pouco recetivo) para as mudanças necessárias, e a descrição do problema inclui restrições à introdução de aditivos em substâncias existentes S1 e S2, o problema pode ser resolvido pela transição permanente ou temporária para o modelo externo SC complexo, anexando S1 ou S2 à substância S3, com a finalidade de aumentar a controlabilidade ou transmitir propriedades requeridas para o modelo de SC.
1.1.4 Modelo SC externo com o meio ambiente	Se um determinado modelo SC não é recetivo (ou pouco recetivo) para as mudanças necessárias, e a descrição do problema inclui restrições à introdução de aditivos, tanto nele como anexando substâncias a ele, o problema pode ser resolvido com a construção de um modelo Substância-Campo, utilizando o ambiente como um aditivo.
1.1.5 Modelo SC com o ambiente e aditivos	Se o ambiente não contém as substâncias necessárias para criar um modelo de SC de acordo com a solução padrão I.I.4, estas substâncias podem-se obter mediante a substituição do meio ambiente, a sua decomposição, ou a introdução de aditivos nele.
1.1.6 Modo mínimo	Se o modo mínimo (isto é, medido, ótimo) de ação é necessário e é difícil ou impossível de fornecê-lo, aplica-se o modo máximo, e em seguida, é recomendado eliminar o excedente. O campo excedente pode ser eliminado por uma substância e a substância excedente pode ser eliminada por um campo.
1.1.7 Modo máximo	Se o modo máximo de uma ação de uma substância é necessário e é proibido por várias razões, a ação máxima deve ser mantida, mas dirigida sobre uma outra substância ligada ao primeiro.
1.1.8 Modo seletivo máximo	Se um modo seletivo máximo é necessário (isto é, o modo máxima em zonas selecionadas e modo mínimo em outras zonas), o campo deve ser: - Máximo: neste caso, uma substância protetora deve ser introduzido em todos os lugares onde a influência mínima é necessária. - mínimo: neste caso, uma substância capaz de gerar um campo local deveria ser introduzida em todos os lugares onde a influência máxima é necessária.
<b>1.2 Destruição de modelos Substância-Campo</b>	
1.2.1 Eliminando a interação prejudicial ao introduzir S3	Se existirem ações tanto úteis como prejudiciais entre duas substâncias no modelo de Substância-Campo, não é necessário que estas substâncias sejam estreitamente adjacentes uma à outra, o problema pode ser resolvido mediante a introdução de uma terceira substância entre estas duas substâncias, que não tem custo (ou aproximadamente).
1.2.2 Eliminando a interação prejudicial através da introdução de S1 modificado e/ou S2	Se existirem ações tanto úteis como prejudiciais entre duas substâncias no modelo de Substância-Campo, estas substâncias não têm de ser imediatamente adjacentes uma à outra, no entanto, a descrição do problema inclui restrições sobre a introdução de substâncias estranhas, o problema pode ser resolvido introduzindo, entre estas duas substâncias, uma terceira substância, que é uma modificação das substâncias existentes.

1.2.3 "Retirar" uma ação prejudicial	Se for necessário para eliminar a ação prejudicial de um campo de uma substância, o problema pode ser resolvido mediante a introdução de uma segunda substância que "retira" a ação prejudicial.
1.2.4 Neutralizar uma ação prejudicial com F2	Se existirem ações tanto úteis como prejudiciais entre duas substâncias no modelo de Substância-Campo e estas substâncias, ao contrário das soluções padrão I.2.1 e I.2.2, devem ser imediatamente adjacentes uma à outra, o problema pode ser resolvido através da criação de um modelo duplo de Substância-Campo, em que a ação útil é executada pelo campo F1 e o segundo campo F2, neutraliza a ação prejudicial ou transforma a ação prejudicial numa ação útil.

<b>Classe 2. Desenvolvimento de modelos Substância-Campo</b>	
<b>2.1 Transição para modelos Substância-Campo complexos</b>	
2.1.1 Modelo de cadeia de Substância-Campo	Se é necessário para melhorar um modelo de Substância-Campo, o problema pode ser resolvido mediante a transformação de um elemento do modelo em uma forma independente-controlada do modelo Substância-Campo completo e criar um modelo de cadeia. S3 ou S4, por sua vez podem ser transformados em um modelo de Substância-Campo completo
2.1.2 Modelo Substância-Campo duplo	Se é necessário para melhorar um modelo Substância-Campo de difícil controlo e a substituição de elementos é proibida, o problema pode ser resolvido através da construção de um modelo duplo através da aplicação de um segundo campo facilmente controlado.
<b>2.2 Impondo modelos Substância-Campo</b>	
2.2.1 Aplicação de campos mais controláveis	Um modelo de Substância-Campo pode ser reforçado através da substituição de um campo incontrolável ou de difícil controlo por um que é facilmente controlado.
2.2.2 Fragmentação de S2	Um modelo de Substância-Campo pode ser melhorada através do aumento do grau de fragmentação da substância utilizada como uma ferramenta.
2.2.3 Aplicação de substâncias capilares e porosas	Um caso especial de fragmentação da substância é a transição de uma substância sólida para uma capilar ou porosa. Esta transição prossegue de acordo com a seguinte linha: - Substância sólida - Substância sólida com uma cavidade - Substância sólida com várias cavidades - Substância capilar ou porosa - Substância capilar ou porosa com poros de estrutura e dimensões especiais À medida que a substância desenvolve de acordo com esta linha, a possibilidade de colocar um líquido nas cavidades ou poros cresce, bem como a aplicação de alguns dos fenómenos naturais.
2.2.4 Dinamização	Um modelo de Substância-Campo pode ser reforçado para aumentar o seu nível de dinamismo, isto é, fazendo a estrutura do sistema mais flexível e fácil de mudar.
2.2.5 Campos estruturantes	Um modelo Substância-Campo pode ser reforçado através da substituição de áreas homogêneas ou campos não estruturados tanto por campos heterogêneos como por campos de estrutura espacial permanente ou variável. Em particular, se é necessário para conferir uma estrutura especial espacial a uma substância, que é (ou pode ser) incorporada no modelo Substância-Campo, o processo de estruturação deve ser realizada em um campo tendo uma estrutura que corresponde à estrutura necessária da substância.
2.2.6 Substâncias estruturantes	Um modelo Substância-Campo pode ser melhorado, substituindo substâncias homogêneas ou não estruturadas tanto por substâncias heterogêneas como por substâncias com estrutura espacial permanente ou variável. Em particular, se for necessário para obter aquecimento intensivo em locais definidos, pontos ou linhas do sistema, recomenda-se que uma substância exotérmica seja introduzida antes do tempo.

<b>2.3 Aplicação por ritmos correspondentes</b>	
2.3.1 Correspondendo os ritmos do F e S1 ou S2	A ação de um campo em um modelo Substância-Campo deve ser correspondido (ou intencionalmente mal correspondido) entre a frequência e a frequência natural do produto ou ferramenta.
2.3.2 Correspondendo os ritmos de F1 e F2	As frequências de campos aplicados em modelos Substância-Campo complexos devem ser compatíveis ou intencionalmente incompatíveis.
2.3.3 Correspondendo ações incompatíveis ou previamente independentes	Se duas ações são incompatíveis, uma delas deve ser realizada durante as pausas da outra. Em geral, as pausas numa ação devem ser preenchidas por outra ação útil.
<b>2.4 Modelos de campo ferromagnético (modelos Substância-Campo complexos forçados)</b>	
2.4.1 Modelos pré-ferro-campo	Um modelo de Substância-Campo pode ser reforçado pela utilização de substâncias ferromagnéticas, juntamente com um campo magnético.
2.4.2 Modelos ferro-campo	Para melhorar a controlabilidade do sistema, é sugerido que um modelo Substância-Campo ou pré-ferro-campo seja substituído por um modelo de ferro-campo. Para fazer isto, as partículas ferromagnéticas devem ser substituídas por (ou adicionados a) uma substância, e um campo magnético ou eletromagnético aplicado. Fichas, grânulos, grãos, etc., podem também ser considerados como partículas ferromagnéticas. A eficiência de controle aumenta com a maior fragmentação das partículas ferromagnéticas. Assim, modelos ferro-campo evoluem de acordo com a seguinte linha: granulado – pó – partículas ferromagnéticas finamente moídas. A eficiência de controle também aumenta ao longo da linha em relação a essa na qual a substância da partícula de ferro está incluído: substância sólida - grânulos - pó - líquido.
2.4.3 Líquidos magnéticos	Modelos ferro-campo podem ser melhorados através da utilização de líquidos magnéticos. Um líquido magnético é uma solução coloidal de partículas ferromagnéticas em um líquido, tal como o querosene, o silicone, a água, etc. A solução padrão 2.4.3 pode ser considerada o último caso da evolução de acordo com a solução padrão 2.4.2.
2.4.4 Aplicando estruturas capilares em modelos ferro-campo	Modelos ferro-campo podem ser melhorados utilizando as estruturas capilares ou porosas inerentes em muitos destes modelos.
2.4.5 Modelos de ferro-campo complexos	Se a controlabilidade do sistema pode ser melhorada através de uma transição para um modelo de ferro-campo, e é proibida a substituição de uma substância por partículas ferromagnéticas, a transferência pode ser realizada através da criação de um modelo interno ou externo de um ferro-campo complexo através da introdução de aditivos numa das substâncias.
2.4.6 Modelos ferro-campo com o meio ambiente	Se a controlabilidade do sistema pode ser melhorada através de uma transição para um modelo de ferro-campo, e é proibido substituir uma substância com partículas ferromagnéticas ou introduzir aditivos, as partículas ferromagnéticas podem ser introduzidas no meio ambiente. O controle do sistema é realizado através da modificação dos parâmetros do meio ambiente com um campo magnético aplicado (ver solução padrão 2.4.3).
2.4.7 Aplicação de efeitos físicos e fenômenos	A controlabilidade de modelos ferro-campo pode ser melhorada através da utilização de certos efeitos físicos / fenômenos
2.4.8 Dinamização	Um modelo de ferro-campo pode ser reforçado, "dinamizado" – através da alteração da estrutura do sistema para uma mais flexível e modificável
2.4.9 Estruturação	Um modelo de ferro-campo pode ser reforçado por transição de um campo homogêneo ou não-estruturado, por um heterogêneo ou estruturado.
2.4.10 Ritmos correspondentes nos modelos ferro-campo	Um modelo pré-ferro-campo ou ferro-campo pode ser melhorado combinando os ritmos dos elementos do sistema



<b>Classe 3. Transição de um sistema base para um supersistema ou para um subsistema</b>	
<b>3.1 Transição para bi-sistemas e poli-sistemas</b>	
3.1.1 Sistema de transição 1-a: a criação de bi-sistemas e poli-sistemas	O desempenho do sistema, em qualquer fase da evolução pode ser reforçado por transição do sistema 1-a: combinando o sistema com um outro sistema (s), construindo assim um bi-sistema ou um poli-sistema complexo.
3.1.2 Elos reforçados em bi-sistemas e poli-sistemas	Bi-sistemas e poli-sistemas podem ser melhorados através do desenvolvimento dos elos das relações entre os seus elementos.
3.1.3 Sistema de transição 1-b: aumentar as diferenças entre elementos	Bi-sistemas e poli-sistemas podem ser melhorados através do aumento das diferenças entre os seus elementos de transição (sistema 1-b): a partir de elementos idênticos, para elementos com características alteradas, para um conjunto de elementos diferentes, para uma combinação de características invertidas - ou "elemento e anti elemento".
3.1.4 Simplificação dos Bi-sistemas e poli-sistemas	Bi-sistemas e poli-sistemas podem ser melhorados através da simplificação do sistema, em primeiro lugar, sacrificando peças auxiliares. Completamente simplificado bi-sistemas e poli-sistemas tornam-se monossistemas de novo, e todo o ciclo pode ser repetido com um novo nível.
3.1.5 Sistema de transição 1-c: características opostas do todo e suas partes	Bi-sistemas e poli-sistemas podem ser melhorados através da separação das características incompatíveis entre o sistema como um todo e suas partes (transição de sistema 1-c). Como resultado, o sistema é utilizado em dois níveis, com todo o sistema a ter a característica F, e as suas partes ou partículas tendo a característica oposta, anti-F.
<b>3.2 Transição para o nível micro</b>	
3.2.1 Transição de sistema 2: transição para o nível micro	Um sistema pode ser aumentado, em qualquer estágio evolutivo através do sistema transição 2: do nível macro para o nível micro. O sistema ou a sua parte é substituído por uma substância capaz de realizar a ação desejada, sob a influência de algum campo.

<b>Classe 4. Soluções padrão para a detecção e medição</b>	
<b>4.1 Métodos indiretos</b>	
4.1.1 Substituir a detecção ou a medição com a alteração do sistema	Se tiver um problema com a detecção ou a medição, é adequado modificar o sistema de uma maneira que torna a necessidade de resolver o problema obsoleto.
4.1.2 Aplicação de cópias	Se tem um problema com a detecção ou medição, e é impossível aplicar a solução padrão 4.1.1, é adequado manipular uma cópia ou uma foto de um objeto em vez do próprio objeto.
4.1.3 Medição como duas detecções consecutivos	Se tiver um problema com a detecção ou medição e é impossível aplicar as soluções padrão 4.1.1 e 4.1.2, é adequado transformar o problema em um, onde duas detecções consecutivos de variação são efetuadas.
<b>4.2 Construção de medição de modelos substância-campo</b>	
4.2.1 Medição do modelo substância-campo	Se um modelo substância-campo incompleto é difícil de medir ou detetar, o problema pode ser resolvido por preenchimento de um regular ou duplo modelo substância-campo com um campo numa saída.
4.2.2 Medição do modelo complexo substância-campo	Se um sistema ou a sua parte é difícil de detetar ou medir, o problema pode ser resolvido por transição para o interior ou exterior do modelo complexo de substância-campo com a introdução de aditivos de fácil detecção.
4.2.3 Medição do modelo substância-campo com o meio ambiente	Se um sistema é difícil de detetar ou medir em certos momentos no tempo, e é impossível introduzir aditivos, devem ser introduzidos no ambiente, aditivos capazes de gerar uma fácil detecção (ou fácil medição) do campo; alterações no estado do ambiente irão fornecer informações sobre as alterações no sistema.
4.2.4 Obtenção de aditivos no ambiente	Se não for possível a introdução de aditivos no meio ambiente em conformidade com a solução padrão 4.2.3, estes aditivos podem ser produzidos no próprio ambiente, por exemplo, através da sua destruição ou alterando o seu estado de fase. No gás, em particular ou bolhas de vapor obtidas por eletrólise, ou por cavitação, ou outros métodos são frequentemente aplicados.

<b>4.3 Reforçando a medição dos modelos substância-campo</b>	
4.3.1 Aplicando efeitos físicos e fenômenos	A eficácia de medição e/ou detecção de um modelo substância-campo pode ser reforçada pela utilização de fenômenos físicos.
4.3.2 Aplicando oscilações de ressonância de uma amostra	Se é impossível detectar diretamente ou medir as mudanças num sistema e passar um campo através do sistema também é impossível, o problema pode ser resolvido através da geração de oscilações de ressonância de qualquer sistema como um todo ou uma parte dele; variações na frequência de oscilação fornecem informações sobre alterações do sistema.
4.3.3 Aplicando oscilações de ressonância de um objeto combinado	Se a aplicação de solução padrão 4.3.2 é impossível, a informação sobre o estado do sistema pode ser obtida através de oscilações livres de um objeto exterior ou do ambiente, ligadas ao sistema.
<b>4.4 Transição para ferro-campo modelos</b>	
4.4.1 Medição do modelo pré ferro-campo	Modelos substância-campo com campos não magnéticos, são capazes de se transformar em modelos pré-ferro-campo que contenham substâncias magnéticas e um campo magnético.
4.4.2 Medição modelo de ferro campo	A eficácia de uma medição e/ou detecção de um modelo substância campo ou pré-ferro-campo pode ser melhorada através de uma transição para um modelo de ferro-campo, substituindo uma das substâncias com partículas ferromagnéticas ou pela adição de partículas ferromagnéticas. A informação é então obtida por meio da detecção ou medição do campo magnético.
4.4.3 Medição complexa do modelo de ferro-campo	Se a eficácia de medição e/ou de detecção pode ser reforçada através da transição para um modelo de ferro-campo, mas a substituição de substâncias com partículas ferromagnéticas é proibida, esta transição pode ser realizada através da criação de um modelo complexo de ferro-campo através da introdução de aditivos na substância.
4.4.4 Medição modelo ferro-campo com o meio ambiente	Se a eficácia de medição e / ou de detecção pode ser reforçada através da transição para um modelo de ferro-campo, mas a introdução de partículas ferromagnéticas é proibida, as partículas devem ser introduzidos no ambiente.
4.4.5 Aplicação de efeitos físicos e fenômenos	A eficácia de uma medição e / ou detecção do modelo substância-campo ou pré ferro-campo pode ser melhorada através da aplicação de fenômenos físicos.
<b>4.5 Direção da evolução de sistemas de medição</b>	
4.5.1 Transição para bi sistemas e poli-sistemas	A eficácia de uma medição e / ou detecção do modelo substância-campo ou pré ferro- campo em qualquer fase da evolução pode ser melhorada através da construção de um bi-sistema ou de um polissistema.
4.5.2 Direção da evolução	Sistemas de medição e / ou detecção evoluem na seguinte direção: -medição de uma função -medição da primeira derivada da função -medição da segunda derivada da função

<b>Classe 5. Normas para a aplicação das soluções padrão</b>	
<b>5.1 Introduzindo substâncias</b>	
5.1.1 Métodos indiretos	Se as condições de trabalho não permitem a introdução de substâncias num sistema, as seguintes maneiras indiretas devem ser utilizadas: - Aplicação do "vazio" (espaço aberto) em vez da substância - Introdução de um campo em vez da substância - Aplicação de um aditivo externo, em vez de um interno - Introduzindo uma pequena quantidade de um aditivo muito ativo - Introdução de uma pequena quantidade do aditivo na forma concentrada em locais específicos - Introduzindo o aditivo temporariamente - Aplicando um modelo ou cópia de um objeto, em vez do próprio objeto, permitindo a introdução de aditivos - Obtenção de aditivos necessários através da decomposição dos produtos químicos introduzidos - Obtenção de aditivos necessários através da decomposição de qualquer ambiente ou do próprio objeto, por exemplo, por transformação de fase ou eletrólise.

5.1.2 Dividir uma substância	Se um sistema não responde a alterações, e modificar a ferramenta ou introduzir aditivos é proibido, partes que interagem da peça de trabalho podem ser utilizadas em vez da ferramenta. Em particular, se o sistema contiver um fluxo de partículas finas e é necessário para melhorar a sua controlabilidade, o fluxo deve ser separada em duas partes. Se todo o fluxo tem uma carga, a carga oposta deve ser aplicada a uma parte do sistema.
5.1.3 Auto eliminação de substâncias	Após a realização do seu trabalho, uma substância introduzida deve desaparecer ou tornar-se idêntica a substâncias já existentes no sistema ou no meio ambiente.
5.1.4 Introduzindo substâncias em grandes quantidades	Se as condições não permitem a introdução de grandes quantidades de uma substância, o "vazio" como estrutura inflável ou de espuma pode ser utilizada em vez da substância.
<b>5.2 Introdução de campos</b>	
5.2.1 Uso múltiplo de campos disponíveis	Se for necessário introduzir um campo em um modelo substância-campo, deve-se em primeiro lugar, aplicar campos existentes cujos portadores são as substâncias envolvidas.
5.2.2 Introdução de campos a partir do ambiente	Se é necessário introduzir um campo, mas é impossível fazê-lo, de acordo com solução padrão 5.2.1, tente aplicar campos existentes no meio ambiente.
5.2.3 Utilizar substâncias	Se um campo não pode ser introduzido em conformidade com as soluções padrão 5.2.1 e 5.2.2, deve-se aplicar campos que podem ser gerados por substâncias existentes no sistema ou no ambiente.
<b>5.3 Transições de fase</b>	
5.3.1 Transição de fase 1: mudança de fase	A eficácia da aplicação de uma substância (sem a introdução de outras substâncias) pode ser melhorada através da transição de fase 1, isto é, por transformação de fase de uma substância existente.
5.3.2 Transição de fase 2: estado de fase dinâmico	As características duais de uma substância podem ser realizadas através da transição de fase 2, isto é, através da utilização de substâncias capazes de alterar o seu estado de fase, dependendo das condições de trabalho.
5.3.3 Transição de fase 3: utilizando fenômenos associados	Um sistema pode ser melhorado usando a transição de fase 3, isto é, mediante a aplicação de fenômenos que acompanham uma transição de fase.
5.3.4 Transição de fase 4: transição para um estado de dupla fase	As características duais de um sistema podem ser realizadas através da transição de fase 4, isto é, por substituição de um estado monofásico por um estado de fase dupla.
5.3.5 Interação de fase	A eficácia de um sistema utilizando a transição de fase 4, pode ser melhorada através da criação de interações entre as partes ou fases do sistema.
<b>5.4 Peculiaridades da aplicação de efeitos físicos e fenômenos</b>	
5.4.1 Transições autocontroladas	Se um objeto deve periodicamente existir em diferentes estados físicos, esta transição deve ser realizada pelo próprio objeto através da utilização de transições físicas reversíveis.
5.4.2 Amplificação do campo de saída	Se uma ação forte sob uma fraca influência é necessária, a substância transformadora deve estar no estado quase crítico. A energia é acumulada na substância e a influência funciona como um gatilho.
<b>5.5 Soluções padrão experimentais</b>	
5.5.1 Obtenção de partículas de substâncias através da decomposição	Se as partículas de uma substância são necessárias a fim de realizar um conceito da solução, e obtê-los diretamente é impossível, as partículas necessárias devem ser criadas pela decomposição de uma substância de nível estrutural mais elevado.
5.5.2 Obtenção de partículas de substâncias através da integração	Se as partículas de uma substância são necessárias a fim de realizar um conceito da solução e é impossível obtê-los diretamente e é impossível aplicar a solução padrão 5.5.1, as partículas necessários podem ser criadas completando ou combinando as partículas de um nível inferior estrutural.
5.5.3 A aplicação das soluções padrão 5.5.1 e 5.5.2	A maneira mais fácil de aplicar a solução padrão 5.5.1 é destruir o próximo nível mais alto "completo" ou "excessivo". A maneira mais fácil de aplicar a solução padrão 5.5.2 é completar o mais próximo do nível mais baixo "incompleto".

## **Anexo II** - Definição dos Parâmetros Técnicos, segundo a Metodologia TRIZ, [103]

### **Parâmetros Técnicos ou de Engenharia**

#### **1. Peso do objeto em movimento**

Massa do objeto em movimento num campo gravitacional.

#### **2. Peso do objeto parado**

Massa do objeto imóvel num campo gravitacional.

#### **3. Comprimento do objeto em movimento**

Dimensão linear do objeto.

#### **4. Comprimento do objeto parado**

Dimensão linear do objeto.

#### **5. Área do objeto em movimento**

Característica geométrica para descrever uma quantidade de espaço bidimensional, interna ou externa do objeto em movimento.

#### **6. Área do objeto parado**

Característica geométrica para descrever uma quantidade de espaço bidimensional, interna ou externa do objeto imóvel.

#### **7. Volume do objeto em movimento**

Quantidade de espaço tridimensional ocupado por um objeto.

#### **8. Volume do objeto parado**

Quantidade de espaço tridimensional ocupado por um objeto.

#### **9. Velocidade**

Distância percorrida por um objeto num determinado intervalo de tempo ou uma taxa em relação a um processo ou ação.

#### **10. Força**

Medida de interação que tenha como intenção modificar a condição de um objeto.

#### **11. Tensão ou pressão**

Força exercida por unidade de área.

#### **12. Forma**

Contorno externo de um componente ou sistema.

#### **13. Estabilidade da composição**

Integridade do sistema, e o relacionamento dos seus elementos incluindo também nesta categoria a decomposição química, o desgaste, a dissociação e o aumento de entropia.

#### **14. Resistência**

Capacidade de um objeto se opor à aplicação de uma força.

#### **15. Duração da ação do objeto em movimento**

Intervalo de tempo em que o objeto pode executar uma ação, vida útil ou durabilidade.

#### **16. Duração da ação do objeto parado**

Intervalo de tempo em que o objeto pode executar uma ação, vida útil ou durabilidade.

#### **17. Temperatura**

Condição térmica de um objeto ou sistema.

**18. Brilho**

Fluxo de luz por unidade de área, incluindo também características óticas como a cor, brilho, qualidade da luz, etc.

**19. Energia gasta pelo objeto em movimento**

Medida da capacidade de um objeto efetuar uma ação.

**20. Energia gasta pelo objeto parado**

Medida da capacidade de um objeto efetuar uma ação.

**21. Potência**

Taxa na qual a ação é executada ou taxa de uso da energia.

**22. Perda de energia**

Ineficiência, energia gasta que não contribui para a execução da tarefa.

**23. Perda de substância**

Perda de massa de componentes do sistema, total ou parcial, permanente ou temporário.

**24. Perda de informação**

Perda de dados ou acesso a eles, de ou para um sistema, que pode ser parcial ou total, permanente ou temporário. Nessa informação podem estar incluídos dados visuais, auditivos, táteis, olfativos ou gustativos.

**25. Perda de tempo**

Ineficiência do uso do tempo disponível.

**26. Quantidade de substância**

Número ou quantidade de materiais, substâncias, peças ou subsistemas que podem ser alterados.

**27. Fiabilidade**

Capacidade de um sistema ou componente cumprir as tarefas pretendidas em determinadas condições.

**28. Precisão de medição**

Proximidade entre o valor medido e o valor real.

**29. Precisão de fabricação**

Proximidade entre as características reais de um sistema ou objeto e as características especificadas ou requeridas.

**30. Fatores externos indesejados atuando no objeto**

Suscetibilidade de um sistema aos efeitos prejudiciais externos.

**31. Fatores indesejados causados pelo objeto**

Redução da eficiência ou da qualidade devido ao objeto como parte integrante da operação.

**32. Manufaturabilidade**

Facilidade de fabricação, manufatura, montagem e inspeção.

**33. Conveniência de uso**

Simplicidade do processo.

**34. Manutenabilidade**

Conveniência, conforto, simplicidade e tempo para reparar falhas ou defeitos de um sistema.

**35. Adaptabilidade**

Capacidade de um sistema responder positivamente a alterações externas, inclusive o seu uso em múltiplas formas e sob diferentes condições.

**36. Complexidade do objeto**

Número e diversidade de elementos e relacionamento entre si dentro do sistema.

**37. Complexidade de controlo**

O controlo de sistemas é complexo, custoso, requer muito tempo e mão-de-obra.

**38. Nível de automação**

Capacidade de um sistema ou objeto executar tarefas sem a intervenção humana.

**39. Produtividade**

Número de funções ou operações realizadas por um sistema por unidade de tempo. Tempo por unidade de função ou operação. Saída por unidade.

## **Anexo III** - Definição dos Princípios de Invenção, segundo a Metodologia TRIZ, [103]

### **Princípios de Invenção**

#### **1. Segmentação**

- a) Dividir um objeto em partes independentes;
- b) Fazer um objeto em secções;
- c) Aumentar o grau de segmentação de um objeto.

#### **2. Extração**

- a) Extrair (remover ou separar) uma parte "perturbadora" ou propriedade de um objeto;
- b) Extrair apenas a parte necessária ou propriedade.

#### **3. Qualidade local**

- a) Transição de uma estrutura homogênea de um objeto ou ambiente exterior/ação para uma estrutura heterogênea;
- b) Ter diferentes partes do objeto a realizar diferentes funções;
- c) Colocar cada parte do objeto sob condições mais favoráveis para a sua operação.

#### **4. Assimetria**

- a) Substituir uma forma simétrica com uma que é assimétrica;
- b) Se um objeto já é assimétrico, aumentar o grau de assimetria.

#### **5. Combinação**

- a) Consolidar ou combinar em espaços objetos homogêneos ou objetos projetados para operação contínua;
- b) Consolidar ou combinar no tempo operações homogêneas ou continuas;

#### **6. Universalização**

Ter o objeto a executar várias funções, eliminando assim a necessidade de qualquer outro objeto ou objetos.

#### **7. Nidificação**

- a) Conter o objeto dentro de outro que, por sua vez, é colocado dentro de um terceiro objeto;
- b) Passar um objeto através de uma cavidade de um outro objeto.

#### **8. Contrapeso**

- a) Compensar o peso do objeto, unindo-o com outro objeto que tem uma força de elevação;
- b) Compensar o peso de um objeto por interação com um ambiente proporcionando forças aerodinâmicas ou hidrodinâmicas.

#### **9. Contra-acção prévia**

- a) Realizar uma neutralização com antecedência;
- b) Se o objeto está (ou estará) sob tensão, fornecer anti tensão antecipadamente.

#### **10. Ação prévia**

- a) Realizar toda ou parte da ação requerida com antecedência;
- b) Organizar os objetos para que eles possam entrar em ação numa questão pontual e de uma posição conveniente.

#### **11. Amortecimento prévio**

Compensar a fiabilidade relativamente baixa de um objeto por contra medidas tomadas com antecedência.

#### **12. Equipotencialidade**

Alterar as condições de trabalho de modo a que um objeto não precise de ser levantado ou baixado.

### **13. Inversão**

- a) Em vez de uma ação ditada pelas especificações do problema, implementar uma ação oposta;
- b) Fazer uma parte do objeto móvel ou do ambiente externo imóvel e da parte não móvel, móvel;
- c) Virar o objeto de cabeça para baixo.

### **14. Esfericidade**

- a) Substituir peças lineares ou superfícies planas por curvas; substituir as formas cúbicas por formas esféricas;
- b) Usar rolos, bolas, ou espirais;
- c) Substituir um movimento linear por um movimento de rotação; utilizar uma força centrífuga.

### **15. Dinamismo**

- a) Fazer um objeto ou seu ambiente ajustar-se automaticamente para um ótimo desempenho em cada fase da operação;
- b) Dividir um objeto em elementos que podem mudar de posição em relação de um ao outro;
- c) Se um objeto é imóvel, torná-lo móvel ou permutável.

### **16. Ação parcial ou excessiva**

Se é difícil a obtenção de 100% de um efeito desejado, alcançar um pouco mais ou menos do que este, a fim de simplificar o problema.

### **17. Transição para nova dimensão**

- a) Remover os problemas com a movimentação de um objeto numa linha através da incorporação de duas dimensões no movimento (ou seja, ao longo de um plano);
- b) Usar um conjunto de multicamadas de objetos em vez de uma única camada;
- c) Inclinar o objeto ou virá-lo de lado.

### **18. Vibrações mecânicas**

- a) Pôr um objeto em oscilação;
- b) Se existe oscilação, aumentar a sua frequência, mesmo tão longe quanto os ultra-sons;
- c) Utilizar a frequência de ressonância do objeto;
- d) Em vez de vibrações mecânicas, utilizar piezovibradores;
- e) Usar vibrações ultrassônicas, em conjunto com um campo eletromagnético.

### **19. Ação periódica**

- a) Substituir uma ação contínua por uma (pulsada) periódica;
- b) Se uma ação já é periódica, alterar a frequência;
- c) Usar pulsos entre impulsos para fornecer ações adicionais.

### **20. Continuidade de uma ação útil**

- a) Executar uma ação contínua (isto é, sem pausas), onde todas as partes de um objeto operam em plena capacidade;
- b) Remover movimentos ociosos e intermediários.

### **21. Corrida apressada**

Executar operações nocivas ou perigosas a uma velocidade muito elevada.

### **22. Conversão do prejuízo em proveito**

- a) Utilizam fatores prejudiciais ou efeitos ambientais para se obter um efeito positivo;
- b) Remover um fator prejudicial, combinando-a com um outro fator prejudicial;
- c) Aumentar a quantidade de ação prejudicial até que deixe de ser prejudicial.

### **23. Reação**

- a) Introdução da retroação;
- b) Se a retroação já existe, invertê-la.



**24. Mediação**

- a) Usar um objeto intermediário para transferir ou executar uma ação;
- b) Conectar temporariamente um objeto num outro que seja fácil de remover.

**25. Autosserviço**

- a) Fazer o objeto servir-se a ele mesmo e a realizar operações complementares e reparação;
- b) Fazer uso de material desperdiçado e de energia.

**26. Cópia**

- a) Usar uma cópia simples e barata, em vez de um objeto que é complexo, caro, frágil ou inconveniente para operar;
- b) Substituir um objeto pela sua cópia ótica ou imagem. Uma escala pode ser usada para reduzir ou aumentar a imagem;
- c) Se são utilizadas cópias óticas, substituí-las por cópias infravermelhas ou ultravioletas.

**27. Objeto económico com vida curta (descartável)**

Substituir um objeto caro por uma coleção mais barata, renunciando propriedades (por exemplo, a longevidade).

**28. Substituição de sistema mecânico**

- a) Substituir um sistema mecânico por um dispositivo ótico, acústico ou sistema olfativo (odor);
- b) Utilizar um campo elétrico, magnético ou eletromagnético para a interação com o objeto;
- c) Substituir os campos:
  - i. Campos estacionárias por campos que se deslocam;
  - ii. Campos fixos por aqueles que mudam com o tempo;
  - iii. Campos aleatórios por campos estruturados;
- d) Usar um campo em conjunção com partículas ferromagnéticas.

**29. Utilização de sistemas pneumáticos ou hidráulicos**

Substituir peças sólidas de um objeto por gás ou líquido. Estas peças podem usar ar ou água para a insuflação, ou usar almofadas de ar ou hidrostáticas.

**30. Membranas flexíveis ou películas finas**

- a) Substituir construções tradicionais pelos feitos de "conchas" flexíveis ou filmes finos;
- b) Isolar um objeto do seu ambiente usando "conchas" flexíveis ou filmes finos.

**31. Uso de materiais porosos**

- a) Fazer um objeto poroso ou adicionar elementos porosos (inserções, capas, etc.);
- b) Se um objeto já é poroso, preencher os poros com antecedência com alguma substância.

**32. Mudança de cor**

- a) Mudar a cor de um objeto ou os seus arredores;
- b) Alterar o grau de translucidez de um objeto ou de um processo que é difícil de ver;
- c) O uso de aditivos coloridos para observar um objeto ou um processo que é difícil de ver;
- d) Se tais aditivos já são utilizados, usar vestígios luminescentes ou elementos traçadores.

**33. Homogeneidade**

Fazer os objetos interagir com um objeto primário do mesmo material, que é próximo dele no comportamento.

**34. Rejeição e recuperação de componentes**

- a) Depois de ter concluído a sua função ou de se ter tornado inútil, rejeitar ou modificar (por exemplo, descartar, dissolver, evaporar) um elemento de um objeto;
- b) Restaurar imediatamente qualquer parte de um objeto que está esgotado ou exaurido.

**35. Transformação do estado físico ou químico**

Mudar o estado de agregação de um objeto, distribuição da densidade, do grau de flexibilidade, ou temperatura.

**36. Mudança de fase**

Implementar um efeito desenvolvido durante a fase de transição de uma substância, por exemplo, a liberação ou a absorção de calor que acompanha uma mudança no volume.

**37. Expansão térmica**

- a) Usar um material que se expande ou se contraia com o calor;
- b) Usar vários materiais com diferentes coeficientes de expansão térmica.

**38. Utilização de oxidantes fortes**

- a) Substituir o ar normal com ar enriquecido;
- b) Substituir o ar enriquecido com oxigênio;
- c) Tratar um objeto em ar ou em oxigênio com radiação ionizante;
- d) Usar o oxigênio ionizado.

**39. Ambiente inerte**

- a) Substituir o ambiente normal por um inerte;
- b) Realizar o processo em vácuo.

**40. Materiais compósitos**

Substituir um material homogêneo por um compósito.

## **Anexo IV** - Lista dos Equipamentos em Contrato de Avaliação da Qualidade no HSM

<b>Descrição</b>	<b>N.º Inventário</b>	<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>
APARELHO DE BANHO-SECO	003749	J.P.SELECTA	MULTIPLACES
APARELHO DE BANHO-SECO	0117830	GRANT	QBD4
APARELHO DE BANHO-SECO	0117831	GRIFOLS	TWIN INCUBATOR DG-210
APARELHO DE BANHO-SECO	0117832	EPPENDORF	THERMOMIXER CONFORT
ARCA CONGELADORA	002740	SANYO	MDF - U442
ARCA CONGELADORA	002739	SANYO	MDF - U442
ARCA CONGELADORA	003638	DOMETIC	MF285
ARCA CONGELADORA	002383	HERAEUS	HFU 686 BASIC
ARCA CONGELADORA	000663	FITOTERM	S 650 BT
ARCA CONGELADORA	002741	DOMETIC	MF285
ARCA CONGELADORA	076736	N/D	HERA HFU 686 BASIC
ARCA CONGELADORA	077181	REVCO	ULT1386-5-V40
ARCA CONGELADORA	0115162	THERMO	HERA FREEZE
ARCA CONGELADORA	067595	THERMO	FORMA 902
ARCA CONGELADORA	0103352	LIEBHERR	GGU1500
ARCA CONGELADORA	007175	KELKAMA	N/D
ARCA CONGELADORA	003754	FROILABO	CV 390
ARCA CONGELADORA	003068	SANYO	MDF-U5410
ARCA CONGELADORA	003617	SANYO	MEDICAL FREEZER
ARCA CONGELADORA	010406	ARISTON	ND
ARCA CONGELADORA	010404	ELECTROLUX	N/D
ARCA CONGELADORA	041089	ELECTROLUX	MRF120/35
ARCA CONGELADORA	004445	ND	N/D
ARCA CONGELADORA	0117829	LABOGENE	LAB 11/EL 19 L 7
AUTOCLAVE BANCADA	0119088	MELAG	VACUKLAV 24-B
BALANÇA ADULTO	004948	SECA	707
BALANÇA ADULTO	004972	SECA	707
BALANÇA ADULTO	071766	SECA	N/D
BALANÇA ADULTO	084326	BALANCAS ROMAO	N/D
BALANÇA ADULTO	071764	SECA	N/D
BALANÇA ADULTO	071765	SECA	N/D
BALANÇA ADULTO	005569	VICKERS	N-10
BALANÇA ADULTO	048791	JOFRE	ND
BALANÇA ADULTO	048695	JOFRE	ND
BALANÇA ADULTO	056191	KERN	ITB 600K200M
BALANÇA ADULTO	056192	DIGI	DI-30
BALANÇA ADULTO	023110	BALANCAS ROMAO	N/D
BALANÇA ADULTO	022934	BALANCAS ROMAO	N/D
BALANÇA ADULTO	022965	JOFRE	N/D
BALANÇA ADULTO	031017	SECA	707
BALANÇA ADULTO	062458	SECA	703
BALANÇA ADULTO	048751	SECA	707
BALANÇA ADULTO	048891	SECA	707
BALANÇA ADULTO	047051	SECA	707
BALANÇA ADULTO	046893	JOFRE	ND
BALANÇA ADULTO	046943	JOFRE	ND
BALANÇA ADULTO	012675	CACHAPUZ	R18
BALANÇA ADULTO	071774	SECA	769
BALANÇA ADULTO	080368	SECA	701
BALANÇA ADULTO	0115475	SOEHNLE	BV 01120
BALANÇA ADULTO	071769	SECA	769
BALANÇA ADULTO	083685	TANITA	BWB600
BALANÇA ADULTO	085202	SECA	780
BALANÇA ADULTO	083992	SECA	701
BALANÇA ADULTO	083983	SECA	764
BALANÇA ADULTO	083693	SECA	764
BALANÇA ADULTO	0115883	SECA	769
BALANÇA ADULTO	0109589	SECA	703
BALANÇA ADULTO	0109767	SECA	762
BALANÇA ADULTO	0109637	SECA	704
BALANÇA ADULTO	0117310	SECA	789
BALANÇA BÂSCULA DIGITAL	006935	METTLER TOLEDO	SPIDER 1-60L
BALANÇA CADEIRA HEMODIÁLISE	004945	SECA	944
BALANÇA DIGITAL CADEIRA RODAS	002704	SECA	BMI
BALANÇA MISTURADORA SANGUE	003101	BAXTER	EASYMIX
BALANÇA MISTURADORA SANGUE	003102	BAXTER	EASYMIX
BALANÇA PEDIÁTRICA	004548	SECA	727
BALANÇA PEDIÁTRICA	001746	SECA	727
BALANÇA PEDIÁTRICA	005969	SOEHNLE	N/D
BALANÇA PEDIÁTRICA	005779	SECA	334
BALANÇA PEDIÁTRICA	005749	SECA	702
BALANÇA PEDIÁTRICA	006069	AIR SHIELDS	N-10
BALANÇA PEDIÁTRICA	004900	SECA	757
BALANÇA PEDIÁTRICA	004777	AIR SHIELDS	N-10
BALANÇA PEDIÁTRICA	047079	SECA	727
BALANÇA PEDIÁTRICA	005943	SOEHNLE	N/D

BALANÇA PEDIÁTRICA	031094	SECA	707
BALANÇA PEDIÁTRICA	050219	SECA	911
BALANÇA PEDIÁTRICA	048758	SECA	725 1021009
BALANÇA PEDIÁTRICA	048730	SECA	725 1021009
BALANÇA PEDIÁTRICA	048725	SECA	725
BALANÇA PEDIÁTRICA	048718	SECA	725 1021009
BALANÇA PEDIÁTRICA	048866	SECA	725
BALANÇA PEDIÁTRICA	048677	SECA	N/D
BALANÇA PEDIÁTRICA	048826	SECA	725 1021009
BALANÇA PEDIÁTRICA	048811	SECA	725 1021009
BALANÇA PEDIÁTRICA	048772	ND	N/D
BALANÇA PEDIÁTRICA	048784	SECA	725 1021009
BALANÇA PEDIÁTRICA	046962	SECA	725 1021009
BALANÇA PEDIÁTRICA	047005	SECA	N/D
BALANÇA PEDIÁTRICA	047012	SECA	725 1021009
BALANÇA PEDIÁTRICA	047056	SECA	727
BALANÇA PEDIÁTRICA	048719	SECA	725 1021009
BALANÇA PEDIÁTRICA	0104875	SECA	727
BALANÇA PEDIÁTRICA	0110441	SECA	728
BALANÇA PEDIÁTRICA	071864	SECA	728
BALANÇA PEDIÁTRICA	0109681	SECA	727
BALANÇA PEDIÁTRICA	0109636	SECA	727
BALANÇA PEDIÁTRICA	071767	SECA	334
BALANÇA PEDIÁTRICA	0109590	SECA	334
BALANÇA PEDIÁTRICA	083985	SECA	757
BALANÇA PEDIÁTRICA	083694	SECA	374
BALANÇA PEDIÁTRICA	084181	SECA	374
BALANÇA PEDIÁTRICA	071768	SECA	334
BALANÇA PRECISÃO	006721	METTLER TOLEDO	AG245
BALANÇA PRECISÃO	000554	METTLER TOLEDO	PM400
BALANÇA PRECISÃO	002821	METTLER TOLEDO	PJ6
BALANÇA PRECISÃO	003899	ADAM	ACW
BALANÇA PRECISÃO	003104	SARTORIUS	BL6
BALANÇA PRECISÃO	002820	METTLER TOLEDO	PJ6
BALANÇA PRECISÃO	077184	KERN	440
BALANÇA PRECISÃO	077185	KERN	440
BALANÇA PRECISÃO	083827	METTLER TOLEDO	AB204
BALANÇA PRECISÃO	003109	SARTORIUS	TE214S
BALANÇA PRECISÃO	000387	METTLER TOLEDO	K5
BALANÇA PRECISÃO	000388	METTLER TOLEDO	PJ360 DR
BALANÇA PRECISÃO	002822	METTLER TOLEDO	PB8000
BALANÇA PRECISÃO	0109659	KERN	PCB4000
BANHO-MARIA	006798	CLIFTON WESTON	NE1-14
BANHO-MARIA	004423	MEMMERT	WB 10
BANHO-MARIA	072351	MEMMERT	W760
BANHO-MARIA	003875	MEMMERT	U270
BANHO-MARIA	000500	MEMMERT	W350
BANHO-MARIA	000448	CLIFTON WESTON	N/D
BANHO-MARIA	000447	MEMMERT	W270
BANHO-MARIA	000499	PRECISION S	100 C
BANHO-MARIA	001834	MEMMERT	W350
BANHO-MARIA	004807	CLIFTON WESTON	N/D
BANHO-MARIA	003526	CLIFTON WESTON	NE2-14D
BANHO-MARIA	004350	MEMMERT	WB 10
BANHO-MARIA	067594	MEMMERT	ND
CÂMARA FRIGORÍFICA	0109123	ARMEG	COMP:2GC-22Y
CASA ESTUFA	0117833	ND	ND
CENTRÍFUGA	003106	HERAEUS	MEGAFUGE 1.0
CENTRÍFUGA	0102861	THERMO HERAEUS	MULTIFUGE 4KR
CENTRÍFUGA	075289	THERMO HERAEUS	LABOFUGE 400R
DEFIBRILHADOR	005084	BEXEN	REANIBEX 3
DEFIBRILHADOR	005085	ARTEMA	CARDIO-AID 100
DEFIBRILHADOR	073982	WELCH ALLYN	PIC30
DEFIBRILHADOR	073983	WELCH ALLYN	PIC40
DEFIBRILHADOR	063031	BEXEN	REANIBEX 700
DEFIBRILHADOR	007188	WELCH ALLYN	PIC40
DEFIBRILHADOR	007918	WELCH ALLYN	PIC40
DEFIBRILHADOR	068843	BEXEN	REANIBEX 700
DEFIBRILHADOR	004613	NIHON KOHDEN	CARDIOLIFE TEC-7100K
DEFIBRILHADOR	003910	BEXEN	REANIBEX 5
DEFIBRILHADOR	004603	S&W	DMS-730
DEFIBRILHADOR	072242	BEXEN	REANIBEX 700
DEFIBRILHADOR	072243	BEXEN	REANIBEX 700
DEFIBRILHADOR	072244	BEXEN	REANIBEX 700
DEFIBRILHADOR	073145	BEXEN	REANIBEX 700
DEFIBRILHADOR	073146	BEXEN	REANIBEX 700
DEFIBRILHADOR	063024	BEXEN	REANIBEX 700
DEFIBRILHADOR	075874	N/D	N/D
DEFIBRILHADOR	069657	PHILIPS	HEARTSTART XL
DEFIBRILHADOR	084520	HELLIGE	DEFIPOINT SCP 912
DEFIBRILHADOR	080783	MEDTRONIC	LIFEPAC 20

DESFIBRILHADOR	088603	ZOLL	SÉRIE M BIFÁSICO
DESFIBRILHADOR	090893	ARTEMA	CARDIO-AID-100
DESFIBRILHADOR	088858	S&W	DMS-730
DESFIBRILHADOR	003008	HP	CODEMASTER XL M1723A
DESFIBRILHADOR	003018	HP/AGILENT	HEARTSTREAM XL (M4735A)
DESFIBRILHADOR	003051	BEXEN	REANIBEX 3
DESFIBRILHADOR	002804	WELCH ALLYN	PIC40
DESFIBRILHADOR	002747	ZOLL	N/D
DESFIBRILHADOR	000749	BEXEN	REANIBEX 5
DESFIBRILHADOR	001921	ARTEMA	CARDIO-AID 100
DESFIBRILHADOR	001213	ZOLL	PD 1200
DESFIBRILHADOR	002939	HP/AGILENT	HEARTSTREAM XL (M4735A)
DESFIBRILHADOR	003186	S&W	CARDIO-AID MC+
DESFIBRILHADOR	003809	ZOLL	N/D
DESFIBRILHADOR	004002	ZOLL	M SERIES
DESFIBRILHADOR	004362	BEXEN	REANIBEX 3
DESFIBRILHADOR	069800	MEDTRONIC	LIFEPACK 20
DESFIBRILHADOR	0103602	NIHON KOHDEN	TEC-5531K
DESFIBRILHADOR	071799	WELCH ALLYN	PIC40
DESFIBRILHADOR	0104669	ZOLL	SERIE M
DESFIBRILHADOR	001835	S&W	CARDIO-AID MC+
DESFIBRILHADOR	002303	BEXEN	REANIBEX 700
DESFIBRILHADOR	002015	ARTEMA	CARDIO 8
DESFIBRILHADOR	004373	ARTEMA	CARDIO-AID 100
DESFIBRILHADOR	004489	S&W	DMS-750
DESFIBRILHADOR	004368	S&W	DMS-730
DESFIBRILHADOR	077204	BEXEN	REANIBEX 700
DESFIBRILHADOR	003329	ARTEMA	CARDIO-AID 100
DESFIBRILHADOR	003824	S&W	DMS-600/3
DESFIBRILHADOR	003304	BEXEN	REANIBEX 5
DESFIBRILHADOR	002976	WELCH ALLYN	PIC30
DESFIBRILHADOR	006181	ARTEMA	CARDIO-AID 100
DESFIBRILHADOR	006182	ARTEMA	CARDIO-AID 100
DESFIBRILHADOR	006203	ZOLL	N/D
DESFIBRILHADOR	005951	HP/AGILENT	HEARTSTREAM XL (M4735A)
DESFIBRILHADOR	006074	WELCH ALLYN	PIC30
DESFIBRILHADOR	004951	NIHON KOHDEN	CARDIOLIFE TEC-7100K
DESFIBRILHADOR	006455	MRL	PIC
DESFIBRILHADOR	006102	HP/AGILENT	HEARTSTREAM XL (M4735A)
DESFIBRILHADOR	006514	ARTEMA	CARDIO-AID 50
DESFIBRILHADOR	004832	MEDTRONIC	LIFEPACK 12
DESFIBRILHADOR	004833	PHYSIO-CONTROL	LIFEPACK 300
DESFIBRILHADOR	004871	BEXEN	REANIBEX 5
DESFIBRILHADOR	005044	ARTEMA	CARDIO-AID 100
DESFIBRILHADOR	005308	BEXEN	REANIBEX 3
DESFIBRILHADOR	005196	ZOLL	N/D
DESFIBRILHADOR	005067	WELCH ALLYN	PIC40
DESFIBRILHADOR	005799	ZOLL	M SERIES
DESFIBRILHADOR	006265	ARTEMA	CARDIO-AID 100
DESFIBRILHADOR	003547	MEDTRONIC	LIFEPACK 20
DESFIBRILHADOR	003548	MEDTRONIC	LIFEPACK 20
DESFIBRILHADOR	003550	BEXEN	REANIBEX 700
DESFIBRILHADOR	002042	ARTEMA	CARDIO-AID 100
DESFIBRILHADOR	002047	ARTEMA	CARDIO-AID 100
DESFIBRILHADOR	002877	PHYSIO-CONTROL	LIFEPACK 8
DESFIBRILHADOR	0116946	WELCH ALLYN	PIC 48
DESFIBRILHADOR	005612	ARTEMA	CARDIO-AID 100
DESFIBRILHADOR	002868	WELCH ALLYN	PIC30
DESFIBRILHADOR	005062	WELCH ALLYN	PIC30
DESFIBRILHADOR	003442	ZOLL	N/D
DESFIBRILHADOR	002921	BEXEN	REANIBEX 5
DESFIBRILHADOR	003185	BEXEN	REANIBEX 3
DESFIBRILHADOR	000808	BEXEN	REANIBEX 5
DESFIBRILHADOR	005332	BEXEN	REANIBEX 5
DESFIBRILHADOR	005504	BEXEN	REANIBEX 5
DESFIBRILHADOR	001323	HP	CODEMASTER XL M1723A
DESFIBRILHADOR	004825	MEDTRONIC	LIFEPACK 20
DESFIBRILHADOR	074966	ZOLL	SERIE M BIFÁSICO
DESFIBRILHADOR	071015	PHILIPS	HEARTSTART XL
DESFIBRILHADOR	002878	PHYSIO-CONTROL	LIFEPACK 8
DESFIBRILHADOR	0110030	PHILIPS	HEARTSTART MRX
DESFIBRILHADOR	070275	BEXEN	REANIBEX 700
DESFIBRILHADOR	074639	WELCH ALLYN	PIC40
DESFIBRILHADOR	074638	WELCH ALLYN	PIC
DESFIBRILHADOR	0115855	PHILIPS	HEARTSTART
DESFIBRILHADOR	0103496	PHILIPS	HEARTSTART XL
DESFIBRILHADOR	0110031	PHILIPS	HEARTSTART MRX
DESFIBRILHADOR	0110034	PHILIPS	HEARTSTART MRX
DESFIBRILHADOR	0119104	PHYSIO-CONTROL	LIFEPACK 20
DESFIBRILHADOR	0119105	PHYSIO-CONTROL	LIFEPACK 20
DESFIBRILHADOR	0119106	PHYSIO-CONTROL	LIFEPACK 20

DESFIBRILHADOR	0119107	PHYSIO-CONTROL	LIFEPACK 20
DESFIBRILHADOR	0119108	PHYSIO-CONTROL	LIFEPACK 20
DESFIBRILHADOR	0119110	PHYSIO-CONTROL	LIFEPACK 20
DESFIBRILHADOR	0119111	PHYSIO-CONTROL	LIFEPACK 20
DESFIBRILHADOR	0119112	PHYSIO-CONTROL	LIFEPACK 20
DESFIBRILHADOR	074759	ZOLL	SÉRIE M BIFÁSICO
DESFIBRILHADOR	093213	ZOLL	M SERIES
DESFIBRILHADOR	0117836	PHILIPS	HEARTSTART XL
DESFIBRILHADOR	074240	PHILIPS	HEARTSTART XL
DESFIBRILHADOR	0117837	MEDTRONIC	LIFEPACK 20E
DESFIBRILHADOR	0117838	WELCH ALLYN	PIC
DESFIBRILHADOR	0117839	S&W	DMS-730
DESFIBRILHADOR	0115012	MEDTRONIC	LIFEPACK 20E
DESFIBRILHADOR	074760	ZOLL	M SERIES
DESFIBRILHADOR	0117840	PHILIPS	HEARTSTART XL+
DESFIBRILHADOR	0109608	MEDTRONIC	LIFEPACK 20
DESFIBRILHADOR	0117841	MEDTRONIC	LIFEPACK 20
DESFIBRILHADOR	0117842	NIHON KOHDEN	CARDIOLIFE TEC-5521K
DESFIBRILHADOR	074635	SCHILLER	DEFIGARD 5000
DESFIBRILHADOR	0117843	NIHON KOHDEN	CARDIOLIFE TEC-5531K
DESFIBRILHADOR	0117844	ZOLL	M SERIES
EQUIPAMENTO CRIOCONGELAÇÃO	0104220	PLANER	KRIO 360-1.7
ESFIGMOMANÔMETRO	068955	FAZZINI	ND
ESFIGMOMANÔMETRO	066272	RIESTER	ND
ESFIGMOMANÔMETRO	084238	HEINE	GAMMA XXL
ESFIGMOMANÔMETRO	084164	ERKA	D-83646
ESFIGMOMANÔMETRO	084726	ERKA	D-83646
ESFIGMOMANÔMETRO	068952	FAZZINI	ND
ESFIGMOMANÔMETRO	066249	RIESTER	ND
ESFIGMOMANÔMETRO	0109939	FAZZINI	ND
ESFIGMOMANÔMETRO	0109944	FAZZINI	ND
ESFIGMOMANÔMETRO	0109941	FAZZINI	ND
ESFIGMOMANÔMETRO	0109945	FAZZINI	ND
ESFIGMOMANÔMETRO	0109942	FAZZINI	ND
ESFIGMOMANÔMETRO	0109938	FAZZINI	ND
ESFIGMOMANÔMETRO	0109943	FAZZINI	ND
ESFIGMOMANÔMETRO	0109940	FAZZINI	ND
ESTUFA	000506	MEMMERT	ULM 700
ESTUFA	006731	MEMMERT	B 30
ESTUFA	002829	MEMMERT	N/D
ESTUFA INCUBAÇÃO	002724	HELMER	PLATELET INCUBATOR
ESTUFA INCUBAÇÃO	072352	HERAEUS	B15
ESTUFA INCUBAÇÃO	063008	HERAEUS	B6
ESTUFA INCUBAÇÃO	074067	HERAEUS	HERACELL B6
ESTUFA INCUBAÇÃO	074770	MEMMERT	ND
ESTUFA INCUBAÇÃO	066710	MEMMERT	ND
ESTUFA INCUBAÇÃO CO2	063006	HERAEUS	HERA CELL 240
ESTUFA INCUBAÇÃO CO2	071780	HERAEUS	HERACELL 150I
ESTUFA INCUBAÇÃO CO2	076941	SANYO	MCO-18M
ESTUFA INCUBAÇÃO CO2	071781	HERAEUS	HERACELL 150I
ESTUFA INCUBAÇÃO CO2	000517	HERAEUS	HERA CELL
ESTUFA INCUBAÇÃO CO2	0117257	HERAEUS	HERACELL 150I
FRIGORÍFICO	006848	FRIEMO	N/D
FRIGORÍFICO	006733	FIOCCHETTI	N/D
FRIGORÍFICO	000660	VEISIL	FIOCCHETTI
FRIGORÍFICO	005696	THERMO FORMA	LAB REFRIGERATOR
FRIGORÍFICO	000661	REVCO	REB 7504 UB
FRIGORÍFICO	000662	VEISIL	FIOCCHETTI
FRIGORÍFICO	002738	REVCO	N/D
FRIGORÍFICO	003099	IBERNA	N/D
FRIGORÍFICO	003098	IBERNA	N/D
FRIGORÍFICO	003070	CENTAURO	TA-6
FRIGORÍFICO	006934	IBERNA	N/D
FRIGORÍFICO	072378	IBERNA	N/D
FRIGORÍFICO	004447	EDMUNDO LISBOA PUJOL	N/D
FRIGORÍFICO	003751	FIOCCHETTI	MEDIKA 1500
FRIGORÍFICO	003637	LEC MEDICAL	H2026/2
FRIGORÍFICO	003074	ZANUSSI	N/D
FRIGORÍFICO	006937	ZANUSSI	N/D
FRIGORÍFICO	003525	ZANUSSI	N/D
FRIGORÍFICO	003524	ZANUSSI	N/D
FRIGORÍFICO DE LABORATÓRIO	102800	CRYOCELL	RG 600P
FRIGORÍFICO DE LABORATÓRIO	068417	FIOCCHETTI	MEDIKA LUX 700
FRIGORÍFICO DE LABORATÓRIO	068419	FIOCCHETTI	MEDIKA LUX 700
FRIGORÍFICO DE LABORATÓRIO	091106	FIOCCHETTI	MEDIKA 200
FRIGORÍFICO DE LABORATÓRIO	068418	FIOCCHETTI	MEDIKA LUX 700
FRIGORÍFICO DE LABORATÓRIO	074070	SANYO	MPR-1410R
FRIGORÍFICO DE LABORATÓRIO	0100164	SMEG	PMF92
FRIGORÍFICO DE LABORATÓRIO	0100165	SMEG	PMF92
FRIGORÍFICO DE LABORATÓRIO	068416	FIOCCHETTI	MEDIKA LUX 700
FRIGORÍFICO DE LABORATÓRIO	102801	CRYOCELL	RG 600P

FRIGORÍFICO DE LABORATÓRIO	102802	CRYOCELL	RG 600P
FRIGORÍFICO DE LABORATÓRIO	102799	CRYOCELL	RG 600P
FRIGORÍFICO DE LABORATÓRIO	091195	SMEG	N/D
FRIGORÍFICO DE LABORATÓRIO	076966	CRYOCELL	RG 600P
FRIGORÍFICO DE LABORATÓRIO	076965	CRYOCELL	RG 600P
FRIGORÍFICO DE LABORATÓRIO	091129	LIEBHERR	N/D
FRIGORÍFICO DE LABORATÓRIO	006849	FIOCCHETTI	N/D
FRIGORÍFICO DE LABORATÓRIO	091120	EUROFRED	N/D
FRIGORÍFICO DE LABORATÓRIO	006850	FIOCCHETTI	N/D
FRIGORÍFICO DE LABORATÓRIO	004802	ELECTROLUX	MRP300C
FRIGORÍFICO DE LABORATÓRIO	005198	ANGELANTONI	FRIGOLAB 1500 TN
FRIGORÍFICO DE LABORATÓRIO	0103469	THERMO	2309V22
FRIGORÍFICO DE LABORATÓRIO	0103470	FIOCCHETTI	ND
FRIGORÍFICO DE LABORATÓRIO	0103351	LIEBHERR	FKUV 1612
FRIGORÍFICO DE LABORATÓRIO	0115632	SMEG	PMF92
FRIGORÍFICO DE LABORATÓRIO	0109124	ING CLIMAS	VENTILAR FRE
FRIGORÍFICO DE LABORATÓRIO	003757	SANYO	MPR-1410
FRIGORÍFICO DE LABORATÓRIO	072379	ANGELANTONI	N/D
FRIGORÍFICO DE LABORATÓRIO	038832	SANYO	MEDICAL FREEZER
FRIGORÍFICO DE LABORATÓRIO	038840	ANGELANTONI	FRL 260 V-GL
FRIGORÍFICO DE LABORATÓRIO	038836	N/D	TA-8
FRIGORÍFICO DE LABORATÓRIO	038837	MAIA	N/D
FRIGORÍFICO DE LABORATÓRIO	038838	DISOTEL	N/D
FRIGORÍFICO DE LABORATÓRIO	038993	FIOCCHETTI	N/D
FRIGORÍFICO DE LABORATÓRIO	038988	FIOCCHETTI	N/D
FRIGORÍFICO DE LABORATÓRIO	041208	ATECNIC	RT 350 EV
FRIGORÍFICO DE LABORATÓRIO	002737	ANGELANTONI	FRIGOLAB 1500/2 TN-SS-GL
FRIGORÍFICO DE LABORATÓRIO	003756	ANGELANTONI	FRIGOLAB 1500/2 TN-SS-GL
FRIGORÍFICO DE LABORATÓRIO	038833	FIOCCHETTI	N/D
FRIGORÍFICO DE LABORATÓRIO	038990	FIOCCHETTI	N/D
FRIGORÍFICO DE LABORATÓRIO	119019	FIOCCHETTI	MEDIKA LUX 700
FRIGORÍFICO DE LABORATÓRIO	115181	THERMO SCIENTIFIC	HERA FREEZE
FRIGORÍFICO DE LABORATÓRIO	0104184	HAIER	ND
FRIGORÍFICO DE MEDICAMENTOS	0103673	LIEBHERR	LKUV 1612
FRIGORÍFICO DE MEDICAMENTOS	0104445	ICORMEL	ICV80PV-LED
FRIGORÍFICO DE MEDICAMENTOS	0103495	LIEBHERR	MEDLINE
FRIGORÍFICO DE MEDICAMENTOS	0104451	ICORMEL	ICV80PV-LED
FRIGORÍFICO DE MEDICAMENTOS	0104175	ICORMEL	ICV80PV-LED
FRIGORÍFICO DE MEDICAMENTOS	0104176	ICORMEL	ICV80PV-LED
FRIGORÍFICO DE MEDICAMENTOS	0104152	ICORMEL	ICV80PV-LED
FRIGORÍFICO DE MEDICAMENTOS	0103623	LIEBHERR	LKUV 1612
FRIGORÍFICO DE MEDICAMENTOS	0103622	LIEBHERR	ND
FRIGORÍFICO DE MEDICAMENTOS	0104674	ICORMEL	ND
FRIGORÍFICO DE MEDICAMENTOS	076411	FIOCCHETTI	MEDIKA 140
FRIGORÍFICO DE MEDICAMENTOS	075913	INDESIT	ND
FRIGORÍFICO DE MEDICAMENTOS	075912	INDESIT	ND
FRIGORÍFICO DE MEDICAMENTOS	0116100	ZANUSSI	ND
FRIGORÍFICO DE MEDICAMENTOS	098278	GENERAL FROST	ND
FRIGORÍFICO DE MEDICAMENTOS	0103501	CRYOCELL	RG260AP
FRIGORÍFICO DE MEDICAMENTOS	0103500	CRYOCELL	RG260AP
FRIGORÍFICO DE MEDICAMENTOS	0104682	ICORMEL	ICV80PV-LED
FRIGORÍFICO DE MEDICAMENTOS	073203	TENSAI	FRESH LINE
FRIGORÍFICO DOMÉSTICO	019370	FAGOR	N/D
FRIGORÍFICO DOMÉSTICO	022958	PHILIPS	N/D
FRIGORÍFICO DOMÉSTICO	022940	BAUKNECHT	N/D
FRIGORÍFICO DOMÉSTICO	020634	NEW POL	SOLID ICE 150
FRIGORÍFICO DOMÉSTICO	082395	PHILCO	ND
FRIGORÍFICO DOMÉSTICO	082401	DOMM	ND
FRIGORÍFICO VERTICAL	076964	REVCO	REL-1204
GRAVADOR MAPA	004850	SPACELABS	90217-1B
GRAVADOR MAPA	0117313	SPACELABS	90217-1B
GRAVADOR MAPA	0116251	WELCH ALLYN	ABPM
INCUBADORA	000666	HELMER	PC3200
MONITOR DE PRESSAO NAO INVASIVA	001066	CAS MEDICAL	9300
MONITOR DE PRESSAO NAO INVASIVA	070750	CAS MEDICAL	740-2MS
MONITOR DE PRESSAO NAO INVASIVA	070751	CAS MEDICAL	740-2MS
MONITOR DE SINAIS VITAIS	082770	MEDIANA	YM1000
MONITOR PRESSÃO NÃO INVASIVA	005570	CRITIKON	DINAMAP 847XT
MONITOR PRESSÃO NÃO INVASIVA	002768	BCI-BIOCHEM	6004
MONITOR PRESSÃO NÃO INVASIVA	005568	CRITIKON	DINAMAP 8100
MONITOR PRESSÃO NÃO INVASIVA	0104876	CRITIKON	DINAMAP 847
MONITOR PRESSÃO NÃO INVASIVA	0115887	WELCH ALLYN	ND
MONITOR PRESSÃO NÃO INVASIVA	0117311	3F MEDICAL	IRIS
MONITOR SINAIS VITAIS	001794	CRITIKON	DINAMAP 8100
MONITOR SINAIS VITAIS	001832	CRITIKON	DINAMAP 8100
MONITOR SINAIS VITAIS	001833	CRITIKON	DINAMAP 1846
MONITOR SINAIS VITAIS	001747	CRITIKON	DINAMAP (1846SX)
MONITOR SINAIS VITAIS	002865	PHILIPS	MP30 (M8002A)
MONITOR SINAIS VITAIS	002866	PHILIPS	MP30 (M8002A)
MONITOR SINAIS VITAIS	002867	PHILIPS	MP30 (M8002A)
MONITOR SINAIS VITAIS	000145	CRITIKON	DINAMAP 8100

MONITOR SINAIS VITAIS	000942	CRITIKON	DINAMAP PLUS 8710
MONITOR SINAIS VITAIS	000146	CRITIKON	DINAMAP 8100
MONITOR SINAIS VITAIS	000977	CRITIKON	487210 COMPACT
MONITOR SINAIS VITAIS	000974	CRITIKON	DINAMAP COMPACT T
MONITOR SINAIS VITAIS	003440	DATASCOPE	ACCUTORR PLUS
MONITOR SINAIS VITAIS	003845	CAS MEDICAL	CAS 740
MONITOR SINAIS VITAIS	001867	CRITIKON	DINAMAP 8100
MONITOR SINAIS VITAIS	001872	CRITIKON	DINAMAP 8100
MONITOR SINAIS VITAIS	001857	CRITIKON	DINAMAP 845XT
MONITOR SINAIS VITAIS	001567	BCI-BIOCHEM	70750A3
MONITOR SINAIS VITAIS	000347	CRITIKON	DINAMAP 8101
MONITOR SINAIS VITAIS	072433	PHILIPS	MP20
MONITOR SINAIS VITAIS	004546	DATASCOPE	TRIO
MONITOR SINAIS VITAIS	002916	CRITIKON	DINAMAP PLUS 8710
MONITOR SINAIS VITAIS	068903	MINDRAY	VS 800 II
MONITOR SINAIS VITAIS	068904	MINDRAY	VS 800 II
MONITOR SINAIS VITAIS	075140	INFINIUM	OMNI
MONITOR SINAIS VITAIS	071874	INFINIUM	OMNI
MONITOR SINAIS VITAIS	071875	INFINIUM	OMNI
MONITOR SINAIS VITAIS	074967	INFINIUM	OMNI
MONITOR SINAIS VITAIS	075141	INFINIUM	OMNI
MONITOR SINAIS VITAIS	075142	INFINIUM	OMNI
MONITOR SINAIS VITAIS	066410	CRITIKON	DINAMAP PRO 1000
MONITOR SINAIS VITAIS	001870	CRITIKON	DINAMAP 8100
MONITOR SINAIS VITAIS	082396	NIHON KOHDEN	KC-013P
MONITOR SINAIS VITAIS	004953	DATASCOPE	ACCUTORR PLUS
MONITOR SINAIS VITAIS	004963	CRITIKON	DINAMAP 8100
MONITOR SINAIS VITAIS	004973	DATASCOPE	ACCUTORR PLUS
MONITOR SINAIS VITAIS	002929	CRITIKON	DINAMAP PRO 300
MONITOR SINAIS VITAIS	000032	RGB	OMICRON FT 31
MONITOR SINAIS VITAIS	004770	SIEMENS	SC 9000XL
MONITOR SINAIS VITAIS	005946	S&W	DIASCOPE 2 VISMO
MONITOR SINAIS VITAIS	005941	DATASCOPE	ACCUTORR PLUS
MONITOR SINAIS VITAIS	005956	DATASCOPE	ACCUTORR PLUS
MONITOR SINAIS VITAIS	005958	DATASCOPE	ACCUTORR PLUS
MONITOR SINAIS VITAIS	005960	CAS MEDICAL	OSCILLOMATE 9300
MONITOR SINAIS VITAIS	005923	DATASCOPE	ACCUTORR PLUS
MONITOR SINAIS VITAIS	005911	DATASCOPE	ACCUTORR PLUS
MONITOR SINAIS VITAIS	005961	CAS MEDICAL	OSCILLOMATE 9300
MONITOR SINAIS VITAIS	005962	DATASCOPE	ACCUTORR PLUS
MONITOR SINAIS VITAIS	005970	DATASCOPE	ACCUTORR PLUS
MONITOR SINAIS VITAIS	005985	SIEMENS	SC 7000
MONITOR SINAIS VITAIS	005990	DATASCOPE	ACCUTORR PLUS
MONITOR SINAIS VITAIS	005979	SIEMENS	SC 7000
MONITOR SINAIS VITAIS	006022	SCHILLER	ARGUS VCM
MONITOR SINAIS VITAIS	006026	DATASCOPE	TRIO
MONITOR SINAIS VITAIS	075143	INFINIUM	OMNI
MONITOR SINAIS VITAIS	075144	INFINIUM	OMNI
MONITOR SINAIS VITAIS	069092	DRAGER	INFINITY GAMMA
MONITOR SINAIS VITAIS	005744	GOLDWAY	UT 4000F
MONITOR SINAIS VITAIS	005748	DATASCOPE	ACCUTORR PLUS
MONITOR SINAIS VITAIS	005930	SIEMENS	SC 7000
MONITOR SINAIS VITAIS	000155	S&W	DIASCOPE TRAVELLER+/4053
MONITOR SINAIS VITAIS	003618	ARTEMA	4041 (DIA SCOPE TRAVELLER)
MONITOR SINAIS VITAIS	003620	ARTEMA	4041 (DIA SCOPE TRAVELLER)
MONITOR SINAIS VITAIS	005761	CRITICARE	506 DXN
MONITOR SINAIS VITAIS	001727	BCI-BIOCHEM	6004
MONITOR SINAIS VITAIS	001692	CAS MEDICAL	9300
MONITOR SINAIS VITAIS	001974	CAS MEDICAL	9300
MONITOR SINAIS VITAIS	004947	SPACELABS	90369
MONITOR SINAIS VITAIS	002907	SPACELABS	90369
MONITOR SINAIS VITAIS	003309	SPACELABS	90369
MONITOR SINAIS VITAIS	003312	SPACELABS	90369
MONITOR SINAIS VITAIS	001798	S&W	DIASCOPE 2 (2011)
MONITOR SINAIS VITAIS	001878	S&W	DIASCOPE 2 VISMO
MONITOR SINAIS VITAIS	000343	CRITIKON	DINAMAP 8100T
MONITOR SINAIS VITAIS	003438	CRITIKON	DINAMAP COMPACT T
MONITOR SINAIS VITAIS	004896	CRITIKON	DINAMAP 8100
MONITOR SINAIS VITAIS	0115106	PHILIPS	VM6
MONITOR SINAIS VITAIS	093548	WELCH ALLYN	5300
MONITOR SINAIS VITAIS	0117341	BIOCARE	PM-9000 S PLUS
MONITOR SINAIS VITAIS	0115298	MEDIANA	YM1000
MONITOR SINAIS VITAIS	0115297	MEDIANA	YM1000
MONITOR SINAIS VITAIS	0109634	NONIN	9600
MONITOR SINAIS VITAIS	0109639	NONIN	9600
MONITOR SINAIS VITAIS	075910	MINDRAY	VS-800
MONITOR SINAIS VITAIS	075911	MINDRAY	VS-800
MONITOR SINAIS VITAIS	068687	SCHILLER	PA300
MONITOR SINAIS VITAIS	0115888	SCHILLER	ARGUS VCM
MONITOR SINAIS VITAIS	0109692	MEDIANA	YM1000
MONITOR SINAIS VITAIS	0109691	MEDIANA	YM1000



MONITOR SINAIS VITAIS	0109693	SPACELABS	90367
MONITOR SINAIS VITAIS	067512	OMRON	HEM-907-E
OXIMETRO PULSO	001737	BCI-BIOCHEM	3100
OXIMETRO PULSO	001500	NELLCOR	N-180
OXIMETRO PULSO	001501	NELLCOR	NE-100E
OXIMETRO PULSO	001504	NELLCOR	NE-100E
OXIMETRO PULSO	001505	NELLCOR	N-100
OXIMETRO PULSO	005993	NELLCOR	NPB-290
OXIMETRO PULSO	005965	NELLCOR	NPB-290
OXIMETRO PULSO	005942	NELLCOR	NPB-290
OXIMETRO PULSO	005809	NELLCOR	NPB-290
OXIMETRO PULSO	005776	NELLCOR	NPB-290
OXIMETRO PULSO	006052	NELLCOR	NPB-290
OXIMETRO PULSO	005757	NELLCOR	NPB-290
OXIMETRO PULSO	004957	CRITICARE	504
OXIMETRO PULSO	004781	NELLCOR	NPB-290
OXIMETRO PULSO	000062	NELLCOR	NPB-290
OXIMETRO PULSO	006123	NELLCOR	N550
OXIMETRO PULSO	006118	BCI-BIOCHEM	AUTOCRR + PLUS
OXIMETRO PULSO	084679	NELLCOR	N-180
OXIMETRO PULSO	084287	DATASCOPE	AUTOCORR
OXIMETRO PULSO	084291	NELLCOR	NPB-290
OXIMETRO PULSO	063029	BCI-BIOCHEM	FINGERPRINT
OXIMETRO PULSO	080772	NONIN	9700
OXIMETRO PULSO	073399	BCI-BIOCHEM	3304
OXIMETRO PULSO	003417	BCI-BIOCHEM	OXIMETER 3500 (70750A3)
OXIMETRO PULSO	003418	BCI-BIOCHEM	OXIMETER 3500 (70750A3)
OXIMETRO PULSO	000153	BCI-BIOCHEM	3304
OXIMETRO PULSO	006122	BCI-BIOCHEM	3100
OXIMETRO PULSO	001772	NELLCOR	N-180
OXIMETRO PULSO	001947	NELLCOR	NPB-295
OXIMETRO PULSO	001949	NELLCOR	NPB-295
OXIMETRO PULSO	001738	NELLCOR	NPB-295
OXIMETRO PULSO	001950	NELLCOR	NPB-295
OXIMETRO PULSO	0109753	NELLCOR	N-600X
OXIMETRO PULSO	0104029	MASIMO	RADICAL 7
OXIMETRO PULSO	0115822	BCI-BIOCHEM	SPECTRO 30
OXIMETRO PULSO	0116822	BCI-BIOCHEM	SPECTRO 30
OXIMETRO PULSO	0116823	NELLCOR	N-600X
OXIMETRO PULSO	0109584	NONIN	9600
OXIMETRO PULSO	0109585	NONIN	9600
OXIMETRO PULSO	0109745	NELLCOR	NPB-295
OXIMETRO PULSO	0115492	NELLCOR	NPB-290
OXIMETRO PULSO	0109586	NONIN	9600
OXIMETRO PULSO	0109583	NONIN	9700
OXIMETRO PULSO	0109657	MASIMO	RADICAL
OXIMETRO PULSO	0109518	NONIN	AVANT 9700
OXIMETRO PULSO	0109519	NONIN	AVANT 9700
OXIMETRO PULSO	0109520	NONIN	AVANT 9700
OXIMETRO PULSO	0109521	NONIN	AVANT 9700
OXIMETRO PULSO	0104655	NONIN	7500
OXIMETRO PULSO	0104656	NONIN	7500
OXIMETRO PULSO	0104446	NELLCOR	OXIMAX 600X
OXIMETRO PULSO	0104447	NELLCOR	OXIMAX 600X
OXIMETRO PULSO	0104448	NELLCOR	OXIMAX 600X
OXIMETRO PULSO	0104449	NELLCOR	OXIMAX 600X
OXIMETRO PULSO	0109744	NELLCOR	NPB-290
OXIMETRO PULSO	074234	NELLCOR	N-600X
OXIMETRO PULSO	0115335	MEDIANA	LUCON
OXIMETRO PULSO	0115336	MEDIANA	LUCON
OXIMETRO PULSO	0115337	MEDIANA	LUCON
OXIMETRO PULSO	0109508	MASIMO	RADICAL 7
OXIMETRO PULSO	0109507	MASIMO	RADICAL 7
OXIMETRO PULSO	0117835	MASIMO	RADICAL 7
OXIMETRO PULSO	0109524	MASIMO	RADICAL 7
OXIMETRO PULSO	0117834	NONIN	9600
OXIMETRO PULSO	069127	MEK	MP111
OXIMETRO PULSO	069126	MEK	MP111
OXIMETRO PULSO	069125	MEK	MP111
PLACA AQUECIMENTO	067596	ROTEM	ND
SIST.MONITORIZAÇÃO FISIOLÓGICA	001797	KONTRON INSTRUMENTS	MINIMON 7137B
SISTEMA CRIOFRESE	000676	FORMA SCIENTIFIC	CRYOPLUS
SISTEMA CRIOPRESERVAÇÃO	0102862	TAYLOR-WHARTON	24 K
SISTEMA CRIOPRESERVAÇÃO	0102863	TAYLOR-WHARTON	24 K
SISTEMA CRIOPRESERVAÇÃO	0102864	TAYLOR-WHARTON	24 K
SISTEMA CRIOPRESERVAÇÃO	077177	AIR LIQUIDE	ESPACE 151C